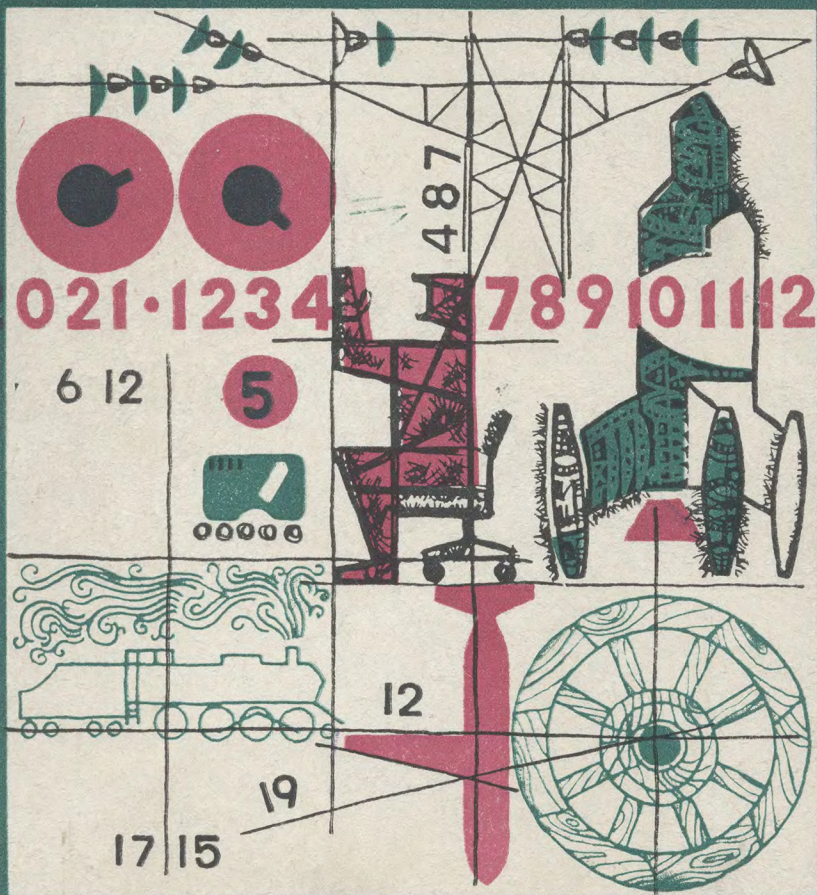


Я. Сорин  
А. Лебедев

# БЕСЕДЫ О НАДЕЖНОСТИ

БЕСЕДЫ О НАДЕЖНОСТИ

1968



92 021-1234 789101112

6 12

5

487

12

19

17 15

*я. сорин  
я. лебедев*

---

**БЕСЕДЫ  
О  
НАДЕЖНОСТИ**

---



Издание 2-е,  
переработанное и дополненное

*издательство  
знание*



6.03  
С65

Под редакцией Г. М. КИОНОВА

3—1—1  

---

11—68

**СЕНТЯБРЬСКИЙ ПЛЕНУМ ЦК КПСС 1965** года и XXIII съезд партии выдвинули в качестве центральной задачи дальнейшего развития нашей экономики, повышение экономической эффективности и рентабельности работы промышленности. Это требование становится исходным при оценке работы каждого промышленного предприятия. Но обеспечить действительную, а не мнимую экономическую эффективность работы предприятия, если оно выпускает ненадежные и недолговечные в работе изделия, нельзя. Ведь ненадежная техника не может быть эффективно использована в народном хозяйстве, она не может обеспечить необходимого роста производительности общественного труда. Поэтому проблема надежности является не только технической, но и важнейшей экономической проблемой. И авторы книги совершенно правильно делают, подчеркивая экономическое значение проблемы надежности, показывая его на ряде убедительных примеров и подсчетов.

Пытаясь показать сложность проблемы надежности, авторы некоторых популярных статей иногда утверждают, что быстрые темпы технического прогресса, неуклонное усложнение современных технических систем и устройств приводят к тому, что их надежность неизбежно отстает от предъявляемых требований, что чем сложнее становятся система или устройство, тем они менее надежны. Это равносильно отрицанию возможности всякого технического прогресса и неверно.

Заслугой авторов рассматриваемой книги является то, что, раскрывая огромное значение и сложность проблемы надежности, они в то же время убедительно

показывают читателю, что в распоряжении наших конструкторов, технологов, производственников есть много самых различных путей и возможностей обеспечить высокую надежность даже наиболее сложных современных технических систем и устройств.

Большое внимание уделяется в книге показу практического опыта в борьбе за повышение качества и надежности выпускаемых изделий. Интересные данные приводятся о том, какое широкое применение находит в последнее время за рубежом созданная у нас система организации бездефектного изготовления продукции и какое большое значение придается там этой системе.

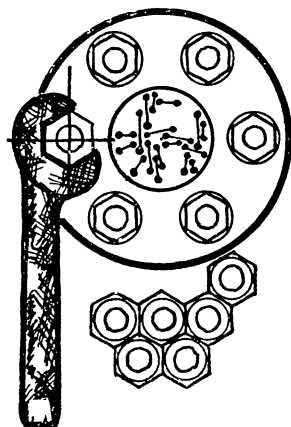
Книгу Я. М. Сорина и А. В. Лебедева можно лишь условно назвать вторым изданием книги, ранее выпущенной ими под тем же названием. Она основательно переработана, в нее добавлены новые главы и материалы, так что ее, по существу, можно рассматривать как новую книгу.

В этой книге, сохраняя ее популярность, авторы применяют более строгую техническую терминологию, дают определение основных свойств и показателей надежности.

Включение глав о значении государственной системы стандартизации в борьбе за высокое качество продукции, о влиянии научной организации труда, о роли и значении системы сбора информации о надежности и ряда других глав делает книгу более полной и законченной.

Я уверен, что новая книга Я. М. Сорина и А. В. Лебедева будет не только способствовать более полному и глубокому ознакомлению широкого круга читателей с сущностью и значением проблемы надежности, но и позволит каждому найти свое место в практической борьбе за успешное решение этой важнейшей проблемы.

**Академик А. И. БЕРГ**



## КАЧЕСТВО И НАДЕЖНОСТЬ

### Такого термина раньше не было

Еще совсем недавно, раскрывая свежий номер газеты или даже специального технического журнала, читая статьи об актуальных проблемах развития техники, о работе предприятий, конструкторских бюро, научно-исследовательских институтов, вы редко встретили бы слово «надежность». Конечно, это русское слово существует уже давно, но техническим термином оно стало недавно. Хотите убедиться? Пожалуйста. Попробуйте найти термин «надежность» хотя бы в Большой Советской энциклопедии, в Технической энциклопедии или в каком-либо справочнике, выпущенном несколько лет назад.

А сейчас? В редком номере газеты нет материалов о надежности технических изделий. Ей посвящаются сотни статей в различных журналах, специальные брошюры и книги. О ней говорят на производственных совещаниях и собраниях общественных организаций.

Почему же надежность стала сейчас одним из самых распространенных понятий, почему она привлекает к себе такое большое внимание?

### Вещь и ее качество

В большинстве случаев о надежности продукции упоминают, говоря о ее качестве. Тождественны ли эти понятия, а если нет, то какая между ними взаимосвязь?

Что такое качество? Под качеством продукции мы понимаем совокупность свойств, определяющих степень ее пригодности для использования по назначению. Каждой вещи, изделию, виду продукции, в зависимости от ее назначения, свойственны свои особые, присущие только ей показатели качества.

Когда мы покупаем продукты питания, для нас важно, чтобы они были свежими, питательными, вкусными. Приобретая ткань, мы интересуемся не только ее внешним видом, но и ее плотностью, узнаем, сильно ли она мнется, садится ли после стирки. Качество обуви определяется ее прочностью, эластичностью кожи, удобством колодки, ее соответствием моде.

Мы видим, что пригодность каждой вещи, изделия определяется не каким-либо одним свойством, а совокупностью свойств. Обувь, например, может быть очень прочной, но если она не соответствует моде, она уже менее пригодна для использования и, следовательно, качество ее ниже.

Наоборот, чем лучше данное изделие может быть использовано по своему прямому назначению, чем больше оно удовлетворяет нас по всем своим признакам и свойствам, тем выше и его качество.

Человек всегда стремился создавать изделия хорошего качества. Известен указ Петра I, показывающий, какое значение он придавал качеству изготавливаемого оружия. Этот указ гласил:

## § 1

«Повелеваю хозяина Тульской оружейной фабрики Корнилу Белоглаза бить кнутом и сослать в работу в монастыри, понеже он, подлец, осмелился войску государеву продавать негодные пищали и фузеи.

Старшину олдермана Фрола Фукса бить кнутом и сослать в Азов, пусть не ставит клейма на плохие ружья.

## § 2

Приказываю ружейной канцелярии из Петербурга переехать в Тулу и денно и ночью блюсти исправность ружей. Пусть дьяки и подъячие смотрят, как олдерман клейма ставит, буде сомнение возьмет, самим проверять и смотром и стрельбою. А два ружья каждый месяц стрелять пока не испортятся.

Буде заминка в войске приключится, особливо при сражении, по недогляду дьяков и подъячих, бить оных кнутами нещадно по оголенному месту:

хозяину — 25 кнутов и пени по червонцу за ружье;

старшего олдермана бить до бесчувствия;  
старшего дьяка — отдать в унтер-офицеры;  
дьяка — отдать в писаря;  
подъячего — лишить воскресной чарки сроком на  
один год.

### § 3

Новому хозяину ружейной фабрики Демидову повелеваю построить дьякам и подъячим избы, дабы не хуже хозяйской были. Буде хуже, пусть Демидов не обижается, повелю живота лишить

ПЕТР I

Почти четыре тысячи лет назад в Вавилоне существовал закон, который гласил, что если построенный архитектором дом развалится и при этом погибнет его владелец, архитектор подлежит смертной казни. Если погибнет не только владелец дома, но и члены его семьи, смертной казни подлежат и члены семьи архитектора.

Мы не сторонники крайних мер, да и дома теперь не разваливаются, но, право же, было бы неплохо поселять в домах с различными недоделками их строителей. А такие дома пока еще есть.

### **Одна из важнейших задач строительства коммунизма**

Ставя своей высшей задачей заботу о благе советского человека, наши партия и правительство всегда уделяли большое внимание качеству продукции. Однако в различные периоды существования Советской власти вопрос о качестве стоял по-разному. В первые годы, когда в результате мировой войны, а затем гражданской войны наша страна переживала небывалую разруху, требовалось прежде всего увеличить количество выпускаемых товаров. «Мы находимся в условиях такого обнищания, разорения, переутомления и истощения главных производительных сил, крестьян и рабочих, что этому основному соображению — во что бы то ни стало увеличить количество продуктов — приходится на время подчинить все», — говорил на X съезде партии Владимир Ильич Ленин (В. И. Ленин. Соч., т. 43, стр. 79).

Однако по мере восстановления народного хозяйства, уже в годы первых пятилеток, все чаще ставится вопрос о качестве продукции, выпускаемой нашей промышленностью. Вводятся государственные стандарты. Принимается закон, согласно которому продукция, не соответствующая этим стандартам и признанная недоброка-



чественной, в выполнение плана выпустившего ее предприятия не засчитывается, а руководители предприятия и другие должностные лица, виновные в браке, несут строгую материальную ответственность.

С особой остротой проблема качества выпускаемой продукции ставится в последние годы

Выступая на сентябрьском Пленуме ЦК КПСС 1965 года, Председатель Совета Министров СССР А. Н. Косыгин говорил: «Современная научно-техническая революция выдвигает на первый план такие вопросы, как технический уровень, качество, надежность продукции, эффективность ее использования. Именно на эти стороны производства перемещается сегодня центр тяжести мирного экономического соревнования стран социализма и стран капитализма».

## **Мы умеем делать хорошо, но...**

В центре Москвы нередко можно встретить иностранных туристов. Они заходят в различные магазины. Что их там интересует? Сувениры? Конечно, традиционные матрешки, изделия палехских мастеров, резные ковши и чаши, туркменские ковры... Но не только сувениры. Иностранцы толпятся у прилавков, где торгуют фотоаппаратами и часами советского производства. Еще бы, ведь наши часы и фотоаппараты с успехом конкурируют с продукцией швейцарских и других прославленных мировых фирм. Только в 1965 году, например, за границу было продано свыше 6 миллионов штук советских часов.

Заместитель председателя Всесоюзного объединения «Машприборинторг» Д. В. Петров рассказывал об одном забавном случае, способствовавшем широкой рекламе советских часов за границей. По забывчивости одного иностранца, купленные им часы советского производства попали вместе с костюмом в стиральную машину. Каково же было удивление их владельца, когда он, получив костюм, вынул часы целыми и даже «на ходу».

На экспорт широко идут не только часы и фотоаппараты. В списках товаров, экспортируемых одним лишь объединением «Машприборинторг», значатся изделия 60 тысяч наименований.

Наши внешнеторговые организации поставляют в различные страны мира металлургическое оборудование, тракторы, автомобили, многих видов станки отечественного производства. Не случайно один из виднейших английских промышленников, побывав несколько лет назад на московском заводе «Красный пролетарий», сказал, что станки этого завода по своему инженерному решению не имеют себе равных в мире.

Советские люди также нередко с благодарностью вспоминают предприятия, выпускающие изделия, которые облегчают их труд.

Тысячи передовых заводов и фабрик борются за повышение качества продукции, работают под лозунгом «Советское — значит отличное». И мы вправе гордиться высоким техническим классом и качеством многих наших изделий.

Мы умеем делать хорошо и даже очень хорошо, но... еще нередко делаем плохо. Наряду с заводами, выпускающими продукцию отличного качества, есть еще заводы, где в погоне за количественным выполнением плана допускается брак в работе, где выпускают продукцию низкого качества, с отступлениями от утвержденных стандартов и технических условий.

Можно ли с этим мириться? Не ясно ли, что мы должны добиться того, чтобы все изделия, выпускаемые нашей промышленностью, обладали отличным качеством, чтобы не было ни одного предприятия, продукция которого не отвечала бы современному техническому уровню, не удовлетворяла бы возросшим требованиям советских людей.

## **Качество и надежность**

Но вернемся к поставленному ранее вопросу — что же такое надежность и какова ее взаимосвязь с качеством продукции? Когда мы говорим о необходимости неуклонного повышения качества, то, естественно, имеем в виду не только товары широкого потребления, но и машины, аппараты, приборы и другие технические устройства и изделия производственного назначения. Каждому из них присущи свои особые свойства, определяющие их качество. Например, для станка важны точность, производительность, степень автоматизации, для автомобиля — скорость, грузоподъемность, расход горючего.

Но свойства машины или другого технического изделия проявляются лишь в процессе работы. Поэтому какими бы отличными начальными характеристиками ни обладал станок, как бы высоки ни были паспортные данные его точности, производительности, они еще не могут полностью характеризовать качество станка. Они характеризуют лишь его технические возможности. А чтобы полностью оценить его качество, нужно знать не только показатели точности, мощности, производительности и т. д., но и способность станка сохранять эти показатели в процессе работы в течение возможно более длительного времени. Ведь любой «инструмент, машина... служат в процессе труда лишь до тех пор, пока они сохраняют свою первоначальную форму, пока они завтра могут вступить в процесс труда в той самой форме, как и вчера» (К. Маркс. «Капитал», т. 1, стр. 210. Госполитиздат, 1953).

**Свойство изделия обеспечивать нормальное выполнение заданных функций, т. е. работать в течение определенного времени с сохранением первоначальных технических характеристик в пределах заданных допусков, и принято называть его надежностью.**

Недостаточная надежность снижает достоинства любого изделия. Наша промышленность научилась выпускать станки с исключительно высокой точностью работы. Но надежность их часто бывает низка. К чему это приводит? Вот конкретный пример.

Завод станков-автоматов станкостроительного объединения им. Свердлова изготовил по заказу 1-го часового завода высокоточный автомат продольно-фасонного сечения. Тщательно испытанный станок, представитель заказчика сказал: «Вы уже почти сравнялись по точности со швейцарским «Торнасом». Ошибки укладываются в шесть микрон. Но «Торнас» теряет только два микрона за два года трехсменной работы, а ваш станок через год снижает точность вдвое...»

Мы видим, что надежность должна быть обязательным свойством любой машины, аппарата, прибора. Но, являясь лишь одним из свойств машины, надежность существенно отличается от всех ее других свойств.

Большинство других свойств изделия могут быть не связаны друг с другом. Например, высокопроизводительный станок может обладать низкой точностью, автомобиль — иметь высокую скорость, но в то же время и большой расход горючего и т. д.

В отличие от этого надежность связана со всеми свойствами изделия, характеризует проявление всех показателей качества машины в процессе ее работы.

Конечно, сама по себе надежность еще не означает высокого качества изделия. Машина может быть очень надежна, но обладать весьма низкими техническими характеристиками.

Но зато если машина не обладает необходимой надежностью, то все ее высокие технические данные, все остальные показатели теряют свое практическое значение, ибо они не могут быть полноценно использованы в работе.

Предположим, создан новый пассажирский самолет, который по своим техническим характеристикам значительно превосходит все ранее выпускавшиеся. Удачно выбранная конструкция, большая мощность его моторов обеспечивают исключительно высокую скорость и дальность его беспосадочного полета, в салоне предусмотрены все удобства и комфорт для пассажиров. Но кто согласится лететь на таком самолете, если нет уверенности, что какой-либо узел или агрегат самолета не выйдет в полете из строя? Многим памятна гибель первого реактивного пассажирского самолета «Комета». Авария произошла над Средиземным морем в начале 50-х годов. При-

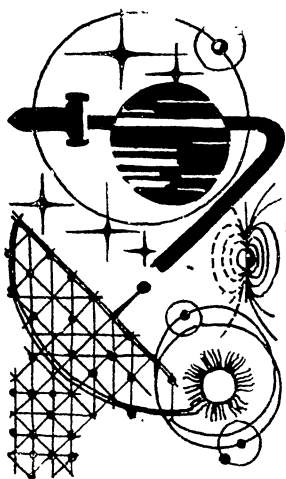
чиной аварии, как выяснилось, послужила неправильно выбранная форма иллюминаторов. В «Комете» они были четырехугольными, а в углах деталей бывают большие местные напряжения. Под воздействием этих напряжений на большой высоте по обшивке самолета побежали трещины, и самолет начал разваливаться в воздухе. Теперь во всех реактивных самолетах иллюминаторы круглые.

Но пока выяснялись причины катастрофы, реактивные самолеты были сняты с эксплуатации на пассажирских линиях. Сама идея использования реактивной авиации для перевозки пассажиров была поставлена под сомнение, так как даже после успешного завершения испытаний новой конструкции «Кометы» на нее не покупали билетов.

С другой стороны, кто соблазнился бы лететь на самолете, каким бы высоконадежным он ни был, если бы его скорость была меньше, чем скорость поезда или автомобиля, если бы он из-за недостаточной мощности моторов или малого запаса горючего вынужден был делать посадку через каждые 2—3 часа, т. е. при самой высокой надежности имел бы очень низкие прочие технические характеристики?

Итак, надежность является лишь одной из составляющих качества, частью качества любой машины, аппарата, прибора. Однако она является особым, наиболее общим свойством промышленных изделий, определяющим их качество, и, как мы увидим из дальнейших бесед, значение ее по мере технического прогресса все больше и больше возрастает.





## Беседа 2

### НАДЕЖНОСТЬ И ТЕХНИЧЕСКИЙ ПРОГРЕСС

#### Новая техника—новые требования

Проблема надежности не нова. Она неразрывно связана с развитием техники, а техника, используемая человеком, развивается и совершенствуется на протяжении столетий. Но почему же тогда с особой остротой эта проблема встала лишь в последние десятилетия?

Для того чтобы ответить на этот вопрос, нужно сравнить сегодняшнюю технику с техникой недавнего прошлого. Возьмем хотя бы простой пример — технику, используемую в нашем быту. Чем располагал человек в начале текущего столетия? Для стирки женщины пользовались деревянным или железным корытом, гладили чугунным утюгом, подметали квартиру простым веником.

Вся эта «техника» была очень непроизводительна, требовала большой затраты физических сил. Но зато у кого мог возникнуть вопрос о надежности веника, корыта или чугунного утюга? Они были настолько просты, что в них нечему было ломаться и поэтому один утюг мог верно служить нескольким поколениям.

Сейчас все шире применяются стиральные машины, электрические утюги, пылесосы и другие виды бытовой техники. Все эти приборы гораздо производительней, эффективней простого корыта, чугунного утюга, веника, но они и много сложнее, и поэтому чаще выходят из строя. Не удивительно, что слово «надежность» стало обычным в нашей повседневной жизни.

Еще нагляднее будет картина, если взять орудия труда, применяемые в промышленности или сельском хозяйстве. Разве можно сравнить косу, серп, плуг или даже конную сеялку и жатку с современными тракторами, самоходными комбайнами и другими разнообразными и высокопроизводительными сельскохозяйственными машинами? Ведь если затупилась коса, ее надо просто заточить, а вот если вышел из строя трактор, попробуй разберись, какая из многих сотен его деталей неисправна. Что же удивительного, что при пользовании косой, серпом, плугом проблема надежности не стояла так остро, как сейчас. Каковы характерные черты техники сравнительно недавнего времени? Машины отличались сравнительной простотой, как правило, были массивны, делались с большим запасом прочности.

Всю машину целиком, от начала до конца, изготовляло обычно одно предприятие; такой развитой производственной кооперации, как сейчас, не было.

Образцы машин разрабатывались в течение многих лет и длительное время выпускались в неизменном виде. Работали машины в значительно более легких режимах — при меньших скоростях, низких напряжениях и давлениях. А сейчас?

## **Миллиарды причин**

Усложнение задач, решаемых современными техническими устройствами, приводит к резкому увеличению количества используемых в них взаимосвязанных узлов и деталей. Уже обычная электронная лампа содержит 60—90 деталей, простой электросчетчик — 300 деталей, легковой автомобиль «Москвич» — около 10 тысяч деталей, а наиболее сложные электронные машины включают по несколько сот тысяч, а иногда и миллионы отдельных элементов! А это значит, что стало несравнимо сложнее обеспечить высокую надежность их работы.

Допустим, для примера, что двум конструкторам поручили разработать аналогичные по назначению приборы. Оба они использовали одинаковое количество деталей. Но в распоряжении первого конструктора были детали с надежностью, характеризуемой вероятностью безотказной работы в продолжение заданного времени 0,99, а в распоряжении второго — 0,90 (цифра 0,99 здесь означает, что при использовании 100 таких деталей можно ожидать, что исправно проработают в течение всего заданного времени 99, а одна может выйти из строя; цифра 0,90 означает, соответственно, что исправной работы в течение всего заданного времени можно ожидать лишь от 90 деталей из 100, а остальные 10 могут выйти из строя. Более подробно о различных показателях надежности мы расскажем в одной из следующих бесед). У какого же прибора при прочих равных условиях

надежность будет выше? Вы, не задумываясь, ответите — у первого

Возьмем другой случай. У обоих конструкторов были детали одинаковой надежности, характеризуемой вероятностью безотказной работы, скажем, 0,99. Но первый конструктор использовал в разрабатываемом им приборе всего 40 таких деталей, а второй — 100. Какой конструктор добился более высокой надежности прибора?

На первый взгляд кажется, что поскольку обоими конструкторами использовались детали равной надежности, результаты их работы также будут одинаковыми. Однако на деле все обстоит значительно сложнее.

С точки зрения надежности различают два вида соединений, используемых в техническом устройстве элементов, — последовательное и параллельное. Последовательным называется такое соединение, при котором отказ хотя бы одного элемента выводит из строя все устройство. Например, все радиолампы в приемнике можно с точки зрения надежности считать соединенными последовательно. Обычно бывает достаточно хотя бы одной из них выйти из строя, чтобы приемник перестал работать. Параллельным называется такое соединение, при котором устройство выйдет из строя только после отказа всех параллельно соединенных (дублирующих) элементов.

Надежность любого устройства, как мы увидим далее, зависит от множества самых различных, часто случайных факторов. Поэтому при исследовании вопросов надежности приходится обращаться к теории вероятностей. А она показывает, что вероятность безотказной работы сложного технического устройства в течение заданного времени, при последовательном соединении используемых в нем элементов, равна произведению вероятностей безотказной работы всех этих элементов.

Если в нашем примере оба конструктора применяли последовательное соединение деталей, общая надежность первого прибора (в котором использованы 40 деталей с одинаковой вероятностью безотказной работы 0,99) будет характеризоваться вероятностью его безотказной работы 0,99, возведенной в сороковую степень —  $0,99^{40}$ , что даст в итоге 0,66. Иными словами, можно ожидать, что только 66% таких приборов проработает безотказно в течение заданного срока.

Общая же надежность второго прибора (в котором использованы 100 таких деталей) будет характеризоваться вероятностью безотказной работы 0,99, возведенной в сотую степень —  $0,99^{100}$ , что даст примерно 0,37. Значит, можно ожидать, что в течение заданного срока безотказно проработает только 37% приборов.

**Надежность любого технического устройства зависит не только от качества используемых в нем элементов, но и от их количества.**

Можно подсчитать, что если вероятность безотказной работы каждого элемента на протяжении заданного срока составляет 0,99,

то общая вероятность безотказной работы всего устройства, в котором используются эти элементы, будет равна: при 10 элементах — 0,91; при 40 элементах — 0,66; при 80 элементах — 0,48; при 100 элементах — 0,37 и т. д.

Всего 100 элементов и такое резкое снижение надежности! А если этих элементов намного больше?

При испытаниях одного образца счетно-аналитической машины выяснилось, что машина не обеспечивает требуемой надежности из-за частых отказов непроволочных сопротивлений. Это сравнительно простая деталь, однако для ее изготовления применяются 9 различных материалов: керамика, латунь, эмаль, абразивные нарезные камни и др. При изготовлении каждое из сопротивлений проходит 12 технологических операций, и любая из них может повлиять на его надежность.

А в разработанном образце машины используются 600 тысяч непроволочных сопротивлений. Таким образом, количество факторов, которые могут повлиять на надежность машины, если даже не учитывать надежности других ее деталей, составит:

$$600\,000 \times 9 \times 12 = 64\,800\,000.$$

64 миллиона 800 тысяч!

А ведь это факторы, связанные лишь с изготовлением самих сопротивлений. Но при получении исходных материалов (напомним — их девять) на их качество также влияют различные факторы. Значит, общее количество причин, которые могут вызвать отказы в работе машины, неизмеримо больше.

А в машине, кроме непроволочных сопротивлений, используются десятки тысяч других деталей. И в каждой из них «заложено» по нескольку таких причин. Значит, речь пойдет уже о миллиардах причин, влияющих на надежность изделий.

Человек несведущий, узнав, что отказы в работе современной машины могут вызываться миллиардами различных причин, вообще может опустить руки. И действительно, на первый взгляд надежность таких машин — дело совершенно безнадежное. Но жизнь показывает, что даже сложнейшие вычислительные машины выпускаются и работают. Значит, ставя перед человеком, казалось бы, неразрешимые задачи, современная техника одновременно вооружает его такими средствами, которые помогают эти задачи решать (об этом мы расскажем дальше).

## **Ложка дегтя в бочке меда**

Значит, сделает вывод читатель, чем больше в машине деталей, тем сложнее обеспечить ее надежность, тем больше опасность, что она может отказать в работе? Да, это так. Но дело осложняется тем,



что изготавливают эти детали не только разные люди, разные цехи и производственные участки, но даже разные предприятия.

А ведь предприятия бывают всякие. Скажем, на одном — хорошо налажена и строго соблюдается производственная и технологическая дисциплина, четко работает аппарат технического контроля, чуткие автоматы улавливают малейший изъян детали, а на другом — процветает штурмовщина и в погоне за «валом» на брак привыкли смотреть сквозь пальцы.

А в результате получается «у семи нянек дитя без глаза». Но если применительно к нянькам решение может быть простое — доверить ребенка одной, самой добросовестной, то в производстве мы не можем отказаться от кооперации. Широко развитая производственная кооперация является величайшим достижением в общественном разделении труда.

Чтобы показать, насколько развита в настоящее время кооперация, достаточно сказать, например, что в производстве автомобилей ГАЗ участвуют 615 предприятий, расположенных в различных районах страны. В подобных условиях даже самая маленькая негодная деталь, изготовленная одним из заводов, может сыграть роль ложки дегтя в бочке меда и вывести из строя очень сложное и дорогое техническое устройство. Такие примеры встречаются в практике нередко.

3 июля 1962 года с парижского аэродрома стартовал пассажирский самолет «Боинг-707». Не успел он оторваться от взлетной дорожки, как произошла авария. А на следующий день французские газеты сообщили, что авария самолета, стоящего миллион долларов, произошла из-за неисправности болта рулевого управления, цена которого 4 цента.

Многие помнят о беспрецедентной аварии в системе электроснабжения, происшедшей в США в ноябре 1965 года. В течение 10 часов огромная территория страны с населением почти 40 миллионов человек оставалась без света. Остановились поезда, замерло движение городского транспорта, перестала работать связь... Что же послужило причиной аварии? Крупнейшие монополии, в руках которых находится система электроснабжения страны, не были заинтересованы в том, чтобы раскрыть истинное положение вещей. Однако, согласно появившимся в печати сведениям, причиной этой небывалой аварии явилась поломка реле на распределительном щите гидроэлектростанции «Сэр Бек Плант № 2» в Куинстоне, входящей в Ниагарский комплекс. Ненадежность одного реле привела к тому, что в течение 10 часов лихорадило огромную страну!

Задача создания высоконадежных машин, аппаратов, приборов, обеспечения сложной производственной кооперации при их изготовлении становится в настоящее время все более трудной и потому,

что сейчас даже самые сложные и совершенные машины разрабатываются и заменяются новыми намного быстрее, чем прежде. В конце прошлого и начале нынешнего века нередко в течение десятилетий выпускались станки и машины одного и того же образца. Сейчас положение изменилось. Мы живем в годы технической революции. Наука и техника развиваются небывало быстро. От первого спутника Земли до полета советского человека в космос прошли считанные месяцы. После первой атомной станции мощностью всего в 5 тысяч киловатт сразу была сооружена станция мощностью в 400 тысяч киловатт. Подобные изменения происходят буквально во всех отраслях науки и техники.

## **Тонны и граммы**

Большое значение для надежности машины, наряду с количеством использованных в ней деталей, имеют ее размеры и вес. Если раньше машины были тяжелыми, массивными, то сейчас заметно стремление всячески уменьшить их габариты и вес.

Тот, кому доведется побывать в Куйбышевском краеведческом музее, сможет увидеть там первый металлорежущий станок, сработанный руками волжан. Современному человеку он кажется странным — это массивное сооружение на громоздкой чугунной тумбе, опирающейся на металлические ножки, с тяжелыми чугунными шкивами. Естественно, что при таком весе и таком габарите конструктор мог заложить в свое создание практически неограниченный запас прочности.

Как непохожи на своего прародителя современные станки! Наши заводы научились сейчас выпускать станки весом от нескольких тонн до нескольких килограммов. Относительный вес современных машин неуклонно уменьшается. Так, удельный вес строительных экскаваторов за последние 25 лет снизился с 50—55 до 20—26 тонн на кубический метр емкости ковша, т. е. более чем вдвое. Еще нагляднее уменьшение веса машин видно на примере двигателей внутреннего сгорания. Относительный вес лучших двигателей составлял в 1900 году — 250 килограммов на лошадиную силу, в 1913 — 150, в 1931 — 60, в 1953 — 31, в 1954 — 10,5, в 1955 году — 3,2, а вес современного самолетного двигателя — 1—1,3 килограмма на лошадиную силу. Так, в текущем столетии относительный вес двигателей внутреннего сгорания снизился более чем в 200 раз.

С развитием радиоэлектроники промышленность начинает выпускать огромное количество все уменьшающихся по размерам машин и приборов, широко используя возможности микроминиатюризации. В радиоэлектронной аппаратуре в одном кубическом сантиметре нередко размещены сотни различных деталей. Многие уже

видели радиоприемники размером со спичечную коробку, а ведь это далеко не предел. Задача освоения космоса требует дальнейшего уменьшения габарита и веса многих аппаратов в 100, а иногда и 1000 раз.

Естественно, что чем меньше становятся изделия, чем плотнее и компактнее располагаются используемые в них узлы, блоки и элементы, чем больше их число, тем труднее обеспечить их высокую надежность.

## **Надежность при скорости 40 тысяч километров в час**

Прогресс современной техники связан с применением больших скоростей, высоких температур, давлений, напряжений, частот, с использованием атомных реакций, радиоактивных излучений и т. д.

Борьба за скорость — одна из основных задач технического прогресса. Конструктивное и технологическое совершенствование станков позволяет, например, в настоящее время довести число оборотов шпинделей внутришлифовальных станков до 120—150 тысяч в минуту.

За полвека, с 1906 по 1959 год рекордные скорости самолетов выросли более чем в 60 раз — с 40 километров в час до 2500 километров. За последние годы максимальная скорость реактивных самолетов перевалила за 3 тысячи километров в час, т. е. превысила скорость звука.

Однако и эти огромные скорости оказались недостаточными в борьбе за освоение космоса. Чтобы вывести на орбиту искусственный спутник Земли, его ракете-носителю нужна скорость около 8 километров в секунду, т. е. почти 29 тысяч километров в час. Скорость космических ракет и кораблей достигает почти 40 тысяч километров в час.

Итак, от 40 километров в час у первого самолета до 40 тысяч километров в час у современного космического корабля — таков гигантский рост скоростей, к которым пришла нынешняя техника.

Наряду с неуклонным усложнением условий работы современных машин растут требования к точности их изготовления и работы. В указе тульским оружейникам в 1706 году Петр I требовал точности производства до «сотых доль ингов» (дюймов). Когда Ползунов делал первую паровую машину, он измерял зазоры екатерининским пятакон толщиной в 6 миллиметров. А сейчас существуют прецизионные станки, позволяющие обрабатывать детали средних размеров с точностью до 0,2—0,3 микрона.

Повышение точности обработки деталей может дать удивительные результаты. Например, если бы при изготовлении аппаратуры, с помощью которой распыляется топливо в современных дизелях,

удалось делать отверстия в ней с точностью до одной десятой микрона, то одно это позволило бы увеличить моторесурс дизельных двигателей в 2—3 раза.

Во многих отраслях современного производства точность в единицы микрон и ничтожные доли градусов является обязательным условием технологического процесса. Стоит лишь на несколько микрон ошибиться в размерах подшипника, как он быстро выйдет из строя. Достаточно на ничтожную величину отклониться от заданной температуры или давления, и в химическом производстве получится брак.

В распоряжении наших ученых и инженеров сейчас есть приборы, измеряющие вес с точностью до двух миллионных долей грамма, температуру — до одной стотысячной доли градуса, регистрирующие отклонения силы тока в миллиардные доли ампера, происходящие на протяжении миллионных долей секунды, и столь же быстрые колебания напряжения в стотриллионные доли вольт. Точность хода атомных часов такова, что за 1000 лет они отстали бы или ушли вперед на одну секунду!

В наше время, в век небывалой технической революции, перед человечеством открываются возможности почти безграничного развития и совершенствования техники. И наиболее «узким местом», наиболее важным условием дальнейшего технического прогресса становится проблема высокой надежности изготавливаемых машин, аппаратов, приборов.

## **Автоматика должна работать безотказно**

Особое значение приобретает проблема надежности при широком внедрении автоматизации. Для современного производства характерно резкое расширение границ автоматизации, переход от автоматизации отдельных станков, машин, агрегатов к комплексной автоматизации производства.

Комплексная автоматизация производственных процессов позволяет достигнуть такой быстроты, точности, постоянства параметров, экономии, которых без нее человек не может добиться. Современная техника, как мы уже говорили, требует исключительно высокой точности. Ничтожная ошибка в десятые доли микрона, в тысячные доли градуса может нарушить нормальный ход технологического процесса. Обнаружить столь малые ошибки человек сам не в состоянии. И здесь на помощь ему приходят автоматы. Они могут определить эти изменения неизмеримо точнее, чем наши органы зрения, обоняния, осязания. Автоматы могут улавливать то, что недоступно человеку — невидимые лучи, неслышимые звуки.

Развитие некоторых отраслей производства без автоматизации было бы просто невозможно. Так, в атомной промышленности должны быть автоматизированы все операции, при которых приходится иметь дело с опасными для здоровья и жизни человека радиоактивными материалами.

Применение автоматизации резко повышает производительность общественного труда. Автоматы часто заменяют работу десятков и сотен рабочих. Центральный научно-исследовательский институт «Подземшахтстрой» создал образец проходческой машины ПД-1м, которой не знала до сих пор мировая практика. Это четырехэтажная машина высотой в 17 метров. Она полностью механизует все процессы сооружения вертикальных шахтных стволов — от разрушения породы до выдачи ее на поверхность. И всеми механизмами этой уникальной машины управляет один человек с помощью автоматических устройств.

На Уральском заводе тяжелого машиностроения построен гигантский блюминг-автомат. Это уже не машина, а огромный цех с сотнями сложнейших механизмов, где нашли применение новейшие достижения автоматики и телемеханики. Управлять им тоже будет один человек.

Громадную роль в развитии и совершенствовании автоматических систем управления, контроля и регулирования производственных процессов играют электронные вычислительные машины. Эти машины способны управлять многими процессами, выбирать наилучший режим, приспосабливая его к изменяющимся условиям производства, накапливать опыт, с тем, чтобы не повторять ошибок. Например, успешно прошла испытания машина широкого назначения «УМШН» на полупроводниковых приборах. Машина может применяться для управления сложными производственными объектами в различных отраслях промышленности, в том числе бессемеровскими цехами металлургических предприятий, крупными химическими установками, цементными заводами. Намечается также использовать ее для автоматизации мартеновских цехов, диспетчерской службы на железных дорогах, для контроля исправности сложных изделий. Машина уже нашла практическое применение.

Роль автоматизации не ограничивается сферой производства. Не менее важной задачей является широкая механизация и автоматизация процессов управления, планирования и учета.

Чтобы успешно управлять любым предприятием, надо ежедневно анализировать деятельность всех его цехов и служб. На крупном современном заводе приходится ежедневно оперировать примерно полумиллионом чисел. И всю эту лавину цифр приходится переваривать при помощи счетов, арифмометров. Если ограничить внедрение автоматики сферой технологии, то в скором времени для подсчета

выработки одного рабочего-оператора нужны будут десятки учетчиков. Значит, нужно переходить к автоматическому учету и на его основе к автоматическому управлению предприятием. Эта задача может быть решена только с помощью электронно-вычислительных машин, которые будут выполнять бухгалтерский и статистический учет, планово-производственные расчеты, будут планировать материально-техническое снабжение завода и т. д.

Но если столь сложными становятся планирование и учет работы отдельного предприятия, то можно себе представить, сколь сложны и трудоемки планирование и учет в масштабе всего народного хозяйства. При сохранении теперешнего уровня механизации и автоматизации планирования и учета потребовалось бы занять в этой сфере к 1980 году... все взрослое население страны. Следовательно, и здесь львиную долю работы надо переложить на электронные машины. Но представим себе, что произойдет, если эти машины окажутся ненадежны в работе, т. е. будут выдавать неверные показания!

Без применения автоматики и в первую очередь без электронных вычислительных машин сделалось невозможным и дальнейшее развитие науки и техники. Научные исследования становятся все более сложными, трудоемкими. Они требуют тысяч экспериментов, проверки и оценки огромного количества возможных вариантов решения.

Английскому математику Шенксу потребовалось почти 15 лет, чтобы узнать число «пи» с точностью до 707-го знака. Электронная машина менее чем за сутки «выдала» это число с 2048 знаками после запятой, попутно исправив ошибку Шенкса.

Проведенные в Институте кибернетики Академии наук УССР исследования показали, что при обычном методе проектирования железной дороги длиной в несколько сотен километров, проходящей по горной местности, решение с нужной точностью лишь одной из частей этой задачи (оптимального профилирования) потребует не менее 50 лет. Вычислительная машина решает ту же задачу за несколько часов.

Запуск любого спутника или космического корабля и управление ими требуют предварительного проведения огромной вычислительной работы. Чтобы уточнить траекторию полета космической ракеты, вычислителям понадобилось бы около года. Это значит, что только через год после пуска космической ракеты мы смогли бы узнать, попала ли она на Луну. А современные вычислительные машины позволили сделать это через час после запуска ракеты. Без автоматики освоение космоса было бы вообще невозможно.

В последние годы развитие автоматизации идет у нас все более ускоряющимися темпами. Непрерывно растет выпуск автоматов и

автоматических линий. Если раньше автоматические линии состояли из двух-трех станков, то теперь в одну линию часто объединяют сотни станков и различных технологических агрегатов — кузнечных, литейных, гальванических, моечных, сортировочных, сборочных, упаковочных, контрольных. Создаются автоматические линии, способствующие оптимизации технологических процессов.

Автоматизация — столбовая дорога технического прогресса. Но на дорогах встречаются и препятствия. Таким препятствием может послужить и недостаточная надежность технических средств, используемых в автоматике. Ведь применять автоматы есть смысл лишь при условии, что они работают производительнее, точнее, а главное — надежнее человека. Ни одно достижение науки и техники нельзя использовать полноценно, если его реализация будет зависеть от капризов аппаратуры. Низкая надежность технических средств может свести на нет все преимущества автоматике.

## **Цена ненадежности**

Чем сложнее и совершеннее современная техника, чем ответственнее выполняемые ею функции, чем больше она повышает производительность общественного труда — тем выше и цена ее ненадежности.

Вспомним, как работал землекоп. Вся его «техника» состояла из лопаты и тачки. Если ломался черенок лопаты или колесо тачки, это вызывало простой одного рабочего и только. На Уралмашзаводе создан гигантский шагающий экскаватор с ковшом в 25 кубометров. Экскаватор заменяет труд 30 тысяч землекопов. Следовательно, любая неисправность, нарушающая его нормальную работу, будет равнозначна вынужденному простоя 30 тысяч рабочих.

Мощность Куйбышевской ГЭС эквивалентна физической мощности 16 миллионов человек. Можно себе представить, как дорого обошлась бы государству каждая неисправность механизмов такой станции!

А что будет, если из-за недостаточной надежности внезапно откажет система автоблокировки на железной дороге? Трудно даже представить себе, какие беды могут произойти, если не сработает автоматика, регулирующая ход процессов в ядерном реакторе, и разбуженный атом вырвется из-под контроля человека.

В наш атомный век, когда агрессивные силы, стремящиеся развязать новую мировую войну, обладают средствами огромной разрушительной силы, ненадежность одной незначительной детали может привести к мировой катастрофе.

В США самым популярным произведением 1962 года оказался фантастический роман «У последней черты». Его написали американ-

ские профессора — Юджин Барвик и Харвэй Уиллер. В романе рассказывается, что произошло из-за того, что отказала ничтожная деталь электронной аппаратуры, обеспечивающей связь с американскими ядерными бомбардировщиками. Патрулирующие у «последней черты» — на подступах к Советскому Союзу, бомбардировщики устремились вперед. Так началась мировая война...

А разве жизнь не давала примеры, очень близкие к этому? Все помнят, как в январе 1966 года американский тяжелый бомбардировщик «В-52» потерпел аварию, и на испанскую землю и в море вместе с обломками самолета упали термоядерные бомбы. Это был уже тринадцатый случай падения атомных или водородных бомб с американских бомбардировщиков, круглосуточно дежурящих в небе. К счастью, бомбы не взорвались. Но и одни радиоактивные излучения этих бомб могут привести к очень тяжелым последствиям.

Американские военные деятели уверяют, что в системе каждой термоядерной бомбы есть специальный «электронный замок», предупреждающий возможность ее случайного взрыва. Но если могли оказаться неисправными приборы управления самолетом, то может ли быть уверенность в надежности «электронного замка»? Кто поручится, что при падении четырнадцатой или пятнадцатой бомбы не произойдет взрыва со всеми возможными катастрофическими последствиями.

\* \* \*

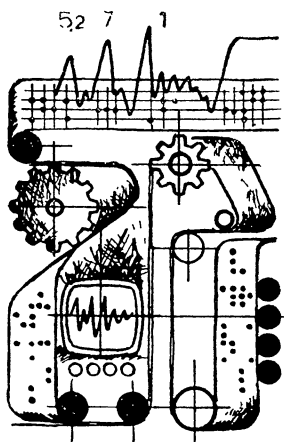
Коммунистическая партия всегда связывала вопрос о победе социализма и коммунизма в СССР с задачей создания высшей техники. Выступая на IV Чрезвычайном Всероссийском съезде Советов, В. И. Ленин говорил: «...или надо преодолеть высшую технику, или быть раздавленным...» (Ленин. Соч., т. 36, стр. 116).

История техники знает ряд «барьеров», периодически возникавших на пути технического прогресса: звуковой барьер, тепловой барьер и др. Таким барьером на пути развития многих видов современной техники и в первую очередь автоматики становится сложность решения проблемы надежности. Эту мысль все настойчивее подчеркивают в своих выступлениях крупнейшие советские ученые, представляющие самые различные области науки и техники.

«История техники с убедительностью показывает,— говорит виднейший специалист в области точного машиностроения академик Н. Г. Бруевич,— что вопросы точности и надежности выросли в проблемы первостепенного значения. Накопленный опыт показывает, что точность и особенно надежность в настоящее время ставят границы созданию совершенных автоматов и автоматических линий».







## Беседа 3

### НАДЕЖНОСТЬ И ЭКОНОМИКА

#### И готовая машина требует затрат

В «жизни» любой машины есть два периода: первый период включает этапы проектирования и изготовления машины, второй — ее эксплуатации. В первый период машина является продуктом, результатом вложенного в нее общественного труда, во второй — средством производства, орудием труда. «Одна и та же потребительная стоимость,— писал К. Маркс о машинах,— являясь продуктом одного процесса труда, служит средством производства для другого процесса труда. Поэтому продукты представляют собой не только результат, но в то же время и условие процесса труда». (К. Маркс. Капитал, т. I, стр. 188. Госполитиздат, 1953).

Оба периода связаны с определенными расходами. К затратам первого периода — на проектирование и изготовление машины — прибавляются и затраты второго — стоимость ее эксплуатации. Ведь для того, чтобы машина работала исправно в течение всего срока службы, необходим технический уход за ней (чистка, смазка, регулировка и т. д.) и своевременный ремонт.

Расходы на эксплуатацию машин, рассчитанных на длительный срок службы, часто значительно превышают расходы на их изготовление. Например, затраты на эксплуатацию экскаваторов и тракторов превышают расходы на их изготовление в десятки раз. Так, для экскаватора Ковровского завода эти затраты в 17 раз больше, для

некоторых грузовых автомобилей — в 20—30 раз, для тракторов «Беларусь» — в 60 раз.

Чем определяются расходы на эксплуатацию машин, от чего зависит их величина? Теперь нам уже не трудно ответить на этот вопрос — в первую очередь от их надежности

Чем выше надежность машины, чем реже она выходит из строя и требует ремонта, тем дешевле обходится и ее эксплуатация. И наоборот, недостаточно высокая надежность машин и станков влечет за собой большие расходы на их ремонт и эксплуатацию.

Подсчитано, например, что на машиностроительных заводах страны расходы на ремонт и содержание оборудования составляют 12—18% от общей величины цеховых расходов. Ежегодно 11—12% технологического оборудования подвергается капитальному ремонту, 20—25 — среднему и 90—100% текущему. Общие затраты на ремонт машинного парка страны превышают 15 миллиардов рублей в год.

На изготовление запасных частей, используемых при ремонте, расходуется огромное количество металла. Так, на ремонт автомобилей ежегодно затрачивается в 2 раза больше металла, чем на выпуск новых. Из металла, ежегодно расходуемого на ремонт тракторов, можно было бы изготавливать около 200 тысяч новых тракторов.

К расходам на ремонт и производство запасных частей прибавляются огромные убытки, которые несет народное хозяйство от простоя машин и промышленного оборудования. Например, в сельском хозяйстве только регистрируемые и учитываемые простои различных машин составляют на пахоте 35%, а на уборке урожая до 50% от всего времени работы машины.

Но и этого мало. На ремонт промышленного и сельскохозяйственного оборудования отвлекается большое количество станков и рабочей силы. Сейчас в стране свыше трети всех металлорежущих станков и каждый четвертый рабочий занят ремонтом.

Все это ухудшает народнохозяйственное использование производственных мощностей многих отраслей промышленности. Они все больше используются не для выпуска новых машин, станков, оборудования, а для изготовления запасных частей и ремонта существующего парка. Так, на долю заводов, выпускающих новые тракторы, приходится лишь 22% производственных мощностей, на долю заводов, изготавливающих запасные части к тракторам — 34%, а на долю ремонтных предприятий — 44%. Иначе говоря, на ремонт тракторов затрачивается почти в 4 раза больше производственных мощностей, чем на выпуск новых.

А ведь все это в значительной мере результат недостаточной надежности выпускаемой техники, если хотите — это цена ненадежности.

## Кладовые резервы

Если недостаточная надежность техники приводит к огромным непроизводительным расходам, то, наоборот, повышение надежности — источник неисчислимых резервов. Ведь повысить надежность и долговечность изделий все равно, что увеличить производство этих изделий без каких-либо дополнительных капитальных вложений, без увеличения затрат сырья и материалов. Приведем пример.

По объему производства шин советская промышленность занимает сейчас второе место в мире. И тем не менее покрышек у нас не хватает и из-за их отсутствия нередко простаивают тысячи и десятки тысяч машин.

Для удовлетворения потребности в шинах, как и в любых других изделиях, есть два пути. Первый — увеличение объема производства, второй — увеличение срока службы изделия.

Всем памятен почин ярославских шинников, одобренный Центральным Комитетом КПСС. Ярославцы разработали новые образцы шин, обеспечивающие пробег в 150—200 тысяч километров, тогда как шины старого образца выдерживали всего 45—50 тысяч километров.

Подсчеты показали, что если вся шинная промышленность страны перейдет на изготовление покрышек новой конструкции, это будет равносильно дополнительному выпуску почти 45 миллионов покрышек и даст государству экономию в 726 миллионов рублей.

В последние годы многие предприятия начали искать пути повышения надежности выпускаемых изделий и подсчитывать достигаемую при этом экономию для народного хозяйства. Получаемые при этом цифры говорят сами за себя.

Выпуск кинескопов со сроком службы в 3 тысячи часов, вместо гарантированных ранее 1,5 тысячи, дает более 9 миллионов рублей экономии для покупателей и 6,6 миллиона рублей экономии для государства.

Увеличение срока службы пассажирского самолета, достигнутое за последнее время, дает 15 миллионов рублей годовой экономии.

В печати сообщалось, что увеличение надежности и долговечности оборудования только на 25% обеспечивает сокращение затрат на его ремонт не менее чем на 3,5 миллиарда рублей в год.

Приближенные расчеты показывают, что путем улучшения качества, повышения надежности и долговечности продукции можно увеличить объем национального дохода на десятки миллиардов рублей.

Таким образом, повышение надежности техники — огромный резерв развития нашей экономики, важнейшее условие действительного роста производительности общественного труда.

## **У нас нет „своих“ и „чужих“ расходов**

Но вернемся к тому, с чего мы начали эту беседу. Итак, расходы государства, связанные с использованием в народном хозяйстве любой машины, складываются из расходов на ее изготовление и расходов на ее эксплуатацию.

Все расходы, связанные с изготовлением машины, определяют ее себестоимость. Расходы же на эксплуатацию машины определяются прежде всего ее надежностью. Поэтому для государства очень важно как снижение себестоимости машин, так и повышение их надежности. В этом отношении социалистическая система хозяйства принципиально отличается от капиталистической.

При капитализме изготовление машины и ее эксплуатация оплачиваются из разных карманов. Ведь там в большинстве случаев машины, изготовленные той или иной фирмой или компанией, поступают в эксплуатацию на предприятия другой фирмы или компании. Поэтому фирма, производящая машину, расходы на ее изготовление считает своими, а расходы на ее эксплуатацию — чужими. И если тем не менее фирма вынуждена заботиться о надежности своих изделий, то делает она это только в силу законов конкуренции, чтобы обеспечить лучший сбыт продукции.

Принципиально иное положение в социалистическом обществе. У нас нет чужих расходов, ибо государство является и производителем, и потребителем изделий производственного назначения. И расходы на изготовление новой техники, и расходы на ее эксплуатацию несет государство. Поэтому оно одинаково заинтересовано в сокращении как тех, так и других расходов.

Казалось бы, это само собой очевидно и не нуждается в доказательстве. Однако на практике часто бывало иначе. Нередко директора предприятий рассуждали примерно так: «Мое дело — производство. Я должен думать, как быстрее и с наименьшими затратами сделать машину. Значит, меня интересует, прежде всего, производительность труда и себестоимость изготовления машин. А во что обойдется ее эксплуатация и ремонт — это дело эксплуатационников».

Случайны ли такие рассуждения? Нет. Они отражали недостатки существовавшей системы планирования и оценки деятельности промышленных предприятий. Государство заинтересовано в неуклонном снижении себестоимости всех изделий, и система планирования поощряла это. Себестоимость входила в число основных технико-экономических показателей, по которым оценивалась работа предприятия, со всеми вытекающими отсюда последствиями (присуждение классного места, денежные премии руководству и всему коллективу и т. д.). Повышение же надежности изделий не планиро-

валось, экономически не стимулировалось и на оценку деятельности предприятия не влияло. К чему это приводило, покажем на конкретном примере.

На московском заводе «Фрезер» были разработаны способы увеличения стойкости выпускаемых им сверл в два раза и стойкости плашек и метчиков — в полтора. Это было бы равносильно увеличению выпуска инструмента. В быстрой реализации этого плана, казалось бы, должен быть заинтересован и сам завод, и все народное хозяйство. Но повышение стойкости режущего инструмента несколько увеличило бы его себестоимость. Правда, эти затраты быстро окупались бы, и народное хозяйство сэкономило бы на этом 20 миллионов рублей. Мы подчеркиваем — народное хозяйство. Ну, а что получил бы завод? Ни одной копейки. Следовательно, он не имел бы возможности для материального поощрения тех, кто работал над повышением надёжности инструмента. Мало того, при старой системе планирования завод не получил бы даже возмещения затрат и по существу был бы наказан за инициативу.

При таких условиях предприятия были заинтересованы в количественном выполнении плана (или, как говорят, выполнении по валу), в снижении себестоимости продукции, а не в ее надёжности. Поэтому они часто не использовали своих возможностей для повышения надёжности и долговечности выпускаемых изделий. А бывало и хуже. Вот что рассказывал директор Средневолжского станкостроительного завода тов. Минаев.

Чтобы выполнить план по валу и снизить себестоимость продукции, завод вынужден был отказаться от многих процессов, гарантирующих высокое качество узлов и деталей. Например, была совмещена чистовая и черновая обработка некоторых деталей в ущерб их качеству. Чтобы сократить производственные расходы, зубья шестерен не шлицевали, детали обрабатывали на завышенных режимах резания, заменяли шабровочные работы шлифованием, отказались от обработки наружных поверхностей литых деталей и т. д. Все это вело к ухудшению качества выпускаемых заводом станков, к снижению их надёжности.

Мы далеко не всегда помним и о том, что высшая производительность труда — это не только количество, но и качество продукции. «Вещь не может быть стоимостью, — писал К. Маркс, — не будучи предметом потребления. Если она бесполезна, то и затраченный на нее труд бесполезен, не считается за труд и потому не образует никакой стоимости». (К. Маркс и Ф. Энгельс. Сочинения. Т. 23, стр. 49. Госполитиздат, 1960).

Любая ненадежная машина, агрегат, прибор не могут быть полноценно использованы в производстве, не в состоянии полностью удовлетворить общественную потребность в них. Поэтому говорить

о высокой производительности труда при их изготовлении нельзя, ибо в этом случае общественно полезной будет лишь часть затраченного труда.

## **Условия меняются**

Основным показателем, по которому раньше оценивалась деятельность каждого промышленного предприятия, был объем валовой продукции. Между тем, как говорил в своем докладе на сентябрьском Пленуме ЦК КПСС 1965 года А. Н. Косыгин: «Практика показывает, что показатель объема валовой продукции не ориентирует предприятия на выпуск изделий, действительно необходимых народному хозяйству и населению, и во многих случаях сдерживает улучшение ассортимента и качества продукции. Нередко предприятия производят продукцию низкого качества, которая не нужна потребителю и поэтому остается нереализованной». Можно ли было признать такое положение нормальным? Разумеется нет. Вопросам повышения качества, надежности и долговечности промышленных изделий было уделено большое внимание на XXIII съезде КПСС в докладах Л. И. Брежнева и А. Н. Косыгина и в выступлениях многих делегатов съезда. Например, председатель Госплана СССР Н. К. Байбаков говорил: «Важнейшее условие повышения эффективности производства — борьба за высокое качество продукции. Эта проблема имеет решающее значение. Новая пятилетка должна проходить под девизом борьбы за всемерное повышение качества продукции».

В резолюции съезда по отчетному докладу ЦК КПСС говорится не только об огромном значении проблемы качества и надежности выпускаемых изделий, но и о том, что наша промышленность достигла сейчас такого уровня, что она в состоянии успешно решить эту проблему.

Чем же конкретно будет способствовать успешной борьбе за повышение надежности и долговечности выпускаемых изделий намеченная Пленумом и одобренная съездом экономическая реформа?

Вместо показателя валовой продукции предприятию будет устанавливаться задание по объему реализованной им продукции. Это заставит предприятие уделять больше внимания ее качеству и надежности. Ведь продукцию низкого качества, не удовлетворяющую запросам потребителя, предприятие не сможет реализовать. А если оно не выполнит задания по объему реализованной продукции, то, независимо от количества изготовленной продукции, план будет считаться невыполненным. В планах будут предусматриваться важнейшие показатели качества и надежности выпускаемой продукции и необходимые для этого финансовые, трудовые и материальные ресурсы

Задание по реализации продукции теснее свяжет производство с потреблением, а для того, чтобы заинтересовать коллектив в повышении эффективности производства, устанавливается показатель прибыли. Прибыль выражает разность между объемом реализованной продукции в оптовых ценах и ее себестоимостью. В ней отражены все стороны хозяйственной деятельности предприятия, в том числе качество и надежность его продукции. Если изделия плохие, ненадежные, то они не реализуются, и прибыли предприятие не получает.

Для поощрения выпуска продукции высокого качества вводится государственная аттестация лучших изделий: им будут присваиваться специальные знаки качества. Об этом мы подробнее расскажем в беседе о государственных стандартах. Скажем здесь лишь, что спрос на изделия со знаком качества будет, естественно, выше, предприятию будет легче выполнить план по реализации и оно получит большую прибыль.

Увеличение прибыли дает огромную выгоду народному хозяйству. Ну, а как экономически стимулировать заинтересованность в этом каждого предприятия, каждого члена коллектива?

Раньше все виды премий и других материальных поощрений выплачивались независимо от прибыли из фонда заработной платы предприятия. Около половины всех предприятий вообще не имели своего фонда, образуемого из прибыли, а там, где такие фонды имелись, их размеры были очень невелики и выделяемые из них суммы поощрения крайне ограничены.

Сейчас предусматривается, что наряду с фондом заработной платы каждое предприятие должно располагать собственным источником для поощрения работников как за высокие показатели работы всего предприятия, так и за индивидуальные достижения. Таким источником должна быть часть прибыли, получаемой предприятием. Предприятию теперь будет оставаться больше средств из прибыли, чем раньше. Размеры средств, оставляемых предприятию для поощрения его работников, будут находиться в прямой зависимости от прибыли, т. е. в решающей степени опять-таки от повышения качества выпускаемых изделий. Так увеличивается заинтересованность производственного коллектива и каждого работника в улучшении работы предприятия, в том числе и качества продукции.

Как будет использоваться фонд материального поощрения? За какие показатели работники будут премироваться? Государственный комитет Совета Министров СССР по вопросам труда и заработной платы и ВЦСПС утвердили Методические указания по разработке положений о премировании работников промышленных предприятий. Первым показателем, за который предусматривается премирование рабочих, является повышение качества выпускаемой продукции.

В Методических указаниях записано:

«При разработке Положений о премировании следует исходить из того, что премирование рабочих может производиться по следующим показателям:

**За повышение качества выпускаемой продукции и улучшение качественных показателей работы** (повышение надежности и долговечности, сортности, изготовление продукции высокого качества и сдачу ее отделу технического контроля с первого предъявления, повышение содержания металла в руде и концентрате, снижение потерь от брака, увеличение выхода годной продукции, соблюдение технологических режимов, параметров, графиков работы и др.)».

Еще до сентябрьского Пленума ЦК КПСС (1965 г.) на ряде предприятий в порядке эксперимента проверялась система премирования работников с учетом качества продукции, и, надо сказать, она себя оправдала.

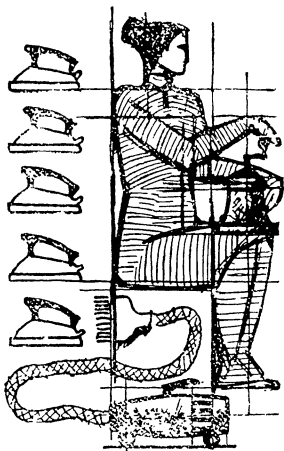
Так, например, на донецком машиностроительном заводе им. 15-летия ЛКСМУ после введения системы премирования рабочих-литейщиков за снижение брака потери от брака за первые же три месяца стали на 3 тысячи рублей меньше. На Челябинском трубопрокатном заводе выход газопроводных труб увеличился с 83 до 94%. За 9 месяцев завод получил 2 миллиона рублей экономии.

Очень важно, чтобы в повышении качества продукции были заинтересованы не только рабочие, но и инженерно-технические работники. На заводах «Днепроспецсталь» и им. Петровского премия мастерам и начальникам участков была поставлена в зависимость от снижения брака. В результате на первом заводе брак снизился с 0,86 до 0,76%, а на втором — с 1,15 до 0,84%.

Итак, намеченные сентябрьским Пленумом ЦК КПСС (1965 г.) и одобренные XXIII съездом партии мероприятия по совершенствованию планирования и усилению экономического стимулирования промышленного производства создают все предпосылки для коренного улучшения качества и повышения надежности выпускаемой продукции. Но было бы глубочайшим заблуждением предполагать, что решение этой важнейшей проблемы придет самотеком. Оно потребует длительной и напряженной работы всех наших планирующих и хозяйственных органов, всех предприятий промышленности, проектно-конструкторских и научно-исследовательских организаций.







## Беседа 4



### **ПРОБЛЕМА НАДЕЖНОСТИ В НАШЕМ БЫТУ**

#### **Зайдем в любую квартиру**

Надежность и быт? — удивится читатель. — Какая между ними связь? Зайдите в любую квартиру, и вы убедитесь, что техника все настойчивее вторгается в нашу повседневную жизнь. В каждой семье есть радио, — мы уже не можем обойтись без последних новостей, передач утренней гимнастики, без хорошего концерта. Еще не так давно о холодильнике мы знали лишь понаслышке, а сейчас их количество увеличивается из года в год. А стиральная машина? Давно ли она появилась? А сейчас ее преимущество стало очевидным для каждой женщины, и поэтому спрос непрерывно растет.

А десятки и сотни других изделий культурно-бытового и хозяйственного назначения, начиная от электрических бритв, утюгов, чайников, от магнитофона, радиолы, телевизора, пылесоса, электрополотера и кончая велосипедом, мопедом, легковым автомобилем! Наша промышленность выпускает сейчас свыше 150 различных видов электрических машин и приборов бытового назначения.

Да разве только это? А простая электрическая лампочка, а батарея центрального отопления, а газовая плита? Ведь все это тоже техника. Она облегчает труд домашних хозяек, экономит наше время, раздвигает границы наших интересов.

Но все это при одном обязательном условии — если бытовая техника работает надежно и безотказно.

## Почему заплакал ребенок?

Мы хорошо понимаем преимущества пылесоса и охотно пользуемся им. Но стоит ему перестать работать, и мы, сказав вслух (а чаще про себя) несколько нелестных слов о тех, кто его сделал, отставляем его в угол и берем простой, но надежный веник.

Хозяйка не нарадуется на стиральную машину, успела уже привыкнуть к ней. Но вот в машине что-то сломалось, и расстроенная хозяйка вынуждена вновь достать давно забытое корыто.

Но если ненадежный пылесос или стиральную машину можно, на худой конец, заменить старым веником или корытом, то чем можно заменить неисправный радиоприемник, телевизор?

Пусть устранение некоторых неисправностей в телевизоре, радиоприемнике требует лишь самой незначительной работы: установки нового предохранителя, замены лампы — все равно каждая из этих неисправностей влечет за собой огорчения, хлопоты, посещения мастерской. Кстати, это часто не такое уж легкое дело. Мастерские гарантийного ремонта есть далеко не во всех городах. Так, до последнего времени холодильник «Днепр» можно было отремонтировать только в 40 городах, стиральную машину «Белка» в 10, стиральную машину «Волга» — в 5. А достать нужные для ремонта детали не всегда удается даже в Москве, Ленинграде или Киеве.

Если хорошие, добротные изделия приносят нам удовлетворение и облегчают быт, то плохие, ненадежные и недолговечные вызывают справедливую обиду и разочарование. Посмотрите, сколько радости испытывает пятилетний карапуз, когда ему дарят заводной автомобильчик или «железную дорогу». А ведь это тоже техника, и она должна быть надежной. И как горько плачет этот карапуз, если машина вдруг перестает заводиться, или вагончики железной дороги на ходу разлетаются в разные стороны. Малыш ничего не знает о проблеме надежности, но ему очень обидно. Да и папе не менее обидно — ведь надо идти покупать очередную игрушку...

В чем же причины того, что наши предприятия наряду с хорошими все еще часто выпускают недолговечные изделия? Одна из основных причин — отсутствие должного внимания проблеме надежности.

Конечно, надежность, как мы уже говорили, это не единственное свойство изделия, определяющее его качество. Приобретая телевизор, мы интересуемся числом принимаемых программ, размером изображения, потребляемой мощностью. Но все это имеет значение только при условии, что телевизор работает. Действительно, что толку в большом экране, если он не светится, а из двенадцати каналов ни один не работает?

Но все другие показатели качества телевизора точно оговариваются в технических условиях, в его паспорте, а о его надежности не говорится ни слова. Зайдите в отдел телевизоров ГУМа. Вы увидите на стене таблицу из 12 граф. В них подробно указаны технические данные всех имеющихся в продаже телевизоров. Но попробуйте найти в этой таблице данные о надежности понравившегося Вам образца. Их не смогут вам сообщить ни продавец в магазине, ни даже работники завода, выпускающего эти телевизоры.

### **Повышение надежности— это повышение благосостояния**

По мере расширения ассортимента и увеличения количества выпускаемых нашей промышленностью машин и приборов бытового назначения растет и доля средств, затрачиваемых каждой семьей на их приобретение. Интересные данные собрал Институт труда, с 1951 по 1961 год наблюдавший за бюджетом 100 рядовых рабочих семей, живущих в Москве, Иванове, Горьком. В 1951 году ни в одной из этих семей не было телевизоров, холодильников, стиральных машин. В 1961 году 42 семьи имели телевизоры, 10 семей — холодильники и 5 семей — стиральные машины. Радиоприемников стало 60 вместо 15, швейных машин 82 вместо 30.

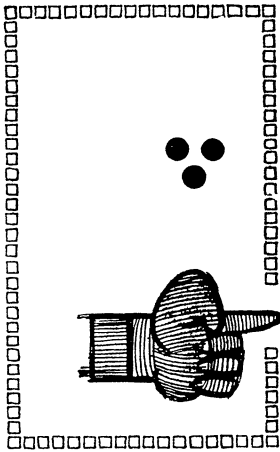
Так было в 1961 году. Но ведь за последние годы приборов культурно-бытового и хозяйственного назначения у нас стало еще больше. Общее количество всех машин, аппаратов, приборов, используемых населением в быту, должно было составить к началу новой пятилетки около полумиллиарда единиц! Директивы XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану предусматривают дальнейшее резкое увеличение производства и продажи населению товаров широкого потребления. Так, в 1965 году производилось 5,2 миллиона радиоприемников и радиол, а в 1970 году будет до 7,5—8 миллионов; телевизоров, соответственно, было 3,7, станет до 7,5—7,7 миллиона; бытовых холодильников было 1,7, будет — 5,3 — 5,6 миллиона.

Но ведь расходы людей, приобретающих все эти изделия, определяются не только покупной ценой. Они в значительной степени зависят от надежности и долговечности этих изделий. Чем надежнее бытовые машины и приборы, тем меньше затрачивается средств на их ремонт, на приобретение запасных частей, тем дольше ими можно пользоваться. Значит, это один из путей повышения и материального благосостояния советских людей.

Поэтому борьба за повышение надежности используемых в нашем быту технических изделий — это одно из проявлений заботы о благе советского человека.



## Беседа 5



### **ПОЗНАКОМИМСЯ С ОСНОВНЫМИ ПОНЯТИЯМИ ТЕОРИИ НАДЕЖНОСТИ**

#### **И правильная терминология очень важна**

Нам как-то пришлось быть свидетелями ожесточенного спора между двумя специалистами. Один из них представлял науку, а другой — заводской работник — выражал настроения практиков. Предметом спора была терминология. Представитель завода считал, что ученые тратят зря массу времени на бесплодные, как он утверждал, споры о терминах и определениях. «Важно существо дела,— говорил он,— а как назвать то или иное явление — дело второстепенное». «Нет,— возражал ученый,— определение, термин отражают существо вопроса. Ни одну работу нельзя правильно организовать, если мы заранее не договоримся об основных понятиях, если одно и то же будем называть по-разному и, наоборот, для характеристики разных явлений оперировать одинаковыми терминами». Прав в этом споре был работник института. Отсутствие единой общепринятой терминологии порой очень затрудняет научные исследования и внедрение их результатов в практику.

Все это относится и к проблеме надежности. Чем больше литературы посвящается этой проблеме, тем очевиднее становится, что далеко не все одинаково понимают сам термин «надежность», а тем более многие связанные с ней понятия и определения.

Отсутствие единой общепринятой терминологии затрудняло взаимопонимание, вносило путаницу в расчеты и техническую доку-

ментацию. Разработка терминологии стала одной из самых важных, первоочередных задач. Первая попытка ее была сделана применительно к радиоэлектронной технике. В результате большой работы, проведенной при активном участии научно-технической общественности Комитетом научно-технической терминологии Академии наук СССР совместно с Институтом радиотехники и электроники, был разработан и в 1962 году выпущен первый терминологический сборник, содержащий 70 основных рекомендуемых терминов. (Сборник рекомендуемых терминов. Вып. 60. Теория надежности в области радиоэлектроники. Терминология. Изд-во Академии наук СССР, 1962, 48 стр.)

Хотя эта работа относилась к радиоэлектронике, многие термины и определения нашли применение и в некоторых других областях техники. Однако ощущалась необходимость в создании общей терминологии, применимой в машиностроении, приборостроении и во всех других отраслях промышленности. Поэтому Комитетом научно-технической терминологии Академии наук СССР и Комитетом по надежности и контролю качества продукции ВСНТО был разработан и выпущен в 1964 году новый краткий сборник, содержащий 24 основных рекомендуемых термина общего применения. (Сборник рекомендуемых терминов. Вып. 67. Надежность технических систем и изделий. Основные понятия. Терминология. Изд-во стандартов, 1964, 8 стр.) В 1965 г. этот сборник был выпущен в несколько дополненном и уточненном виде.

С какими же основными понятиями приходится иметь дело в теории надежности и практике борьбы за ее повышение?

## **Изделия восстанавливаемые и невосстанавливаемые**

В каждой квартире есть технические изделия: от электрического утюга до телевизора или холодильника. Все они, конечно, очень разные — и по размерам, и по сложности, и по весу и, разумеется, по цене. Но есть еще один признак, по которому различают изделия, — возможность восстановить полезные свойства, или, как говорят политэкономы, «потребительную стоимость» изделия в случае его отказа.

Если перегорел электрический утюг, вы несете его в мастерскую или сами меняете спираль, если перестал работать телевизор, вызываете техника из ателье. Но ремонтировать перегоревшую осветительную лампочку вряд ли кому придет в голову.

То же и на производстве. Слесарь бережно извлекает из станка сработавшую шестерню, которую можно наплавить, тщательно ремонтирует сложные узлы станка, но небрежно выбрасывает какой-

нибудь винт с сорванной резьбой — он не восстанавливается. Причины столь разного отношения к деталям и изделиям могут быть различными. Одно изделие невозможно восстановить по техническим соображениям, другое — просто не стоит с точки зрения экономической.

Деление изделий на восстанавливаемые и невосстанавливаемые имеет большое значение для правильного понимания основных показателей надежности. Опыт показывает, что нередко при решении многих теоретических и практических вопросов возникает путаница только потому, что понятия, относящиеся к восстанавливаемым изделиям, относят к невосстанавливаемым, и наоборот.

Итак, давайте условимся, что **восстанавливаемыми мы будем называть такие изделия, которые в случае отказа могут быть восстановлены в процессе эксплуатации.** К ним можно отнести любой станок, автомобиль, телевизор, магнитофон и т. д. Многие отказы этих изделий могут устраняться на месте, без обращения к специальным ремонтным службам. Такие изделия можно многократно ремонтировать, и после каждого ремонта они вновь нормально работают.

Давайте также условимся, что **к невосстанавливаемым относятся изделия, которые в случае отказа не могут быть восстановлены в процессе эксплуатации или которые не подлежат восстановлению.** В эту группу входят: шариковый подшипник, электрическая лампочка, телевизионная трубка и т. д.

Трубки, как и лампочки, восстанавливать можно, и это иногда делают, но на специальных ремонтных заводах а не в эксплуатации. Поэтому такие изделия принято также относить к невосстанавливаемым.

## **Исправность и работоспособность**

Любая машина полезна лишь тогда, когда она работоспособна и человек может полностью использовать все ее рабочие свойства. Но что значит «работоспособность» машины?

В соответствии с установленной терминологией **под работоспособностью изделия понимается такое его состояние, при котором оно в данный момент времени соответствует всем требованиям, установленным в отношении основных параметров, характеризующих нормальное выполнение заданных функций.**

Говоря проще, мы считаем изделие работоспособным тогда, когда оно в состоянии нормально работать.

Нередко работоспособность изделия путают с его исправностью, отождествляют эти понятия. Между тем работоспособность и исправность — это не одно и то же. **Исправность — это состояние изделия, при котором оно в данный момент времени удовлетворяет всем требованиям, установленным как в отношении основных параметров,**

**характеризующих нормальное выполнение заданных функций, так и в отношении второстепенных параметров, характеризующих удобство эксплуатации, внешний вид и т. д.**

Говоря опять-таки проще, мы должны считать изделие исправным лишь тогда, когда оно не только может нормально работать, но и сохраняет нормальный внешний вид и обеспечивает все удобства эксплуатации.

Следовательно, разница между работоспособностью и исправностью состоит в том, что при определении работоспособности имеются в виду **основные** требования, определяющие нормальную работу изделия, при исправности же имеются в виду как **основные, так и второстепенные** требования к изделию и условиям его эксплуатации.

Допустим, что в результате неосторожной езды вы помяли крыло автомобиля или повредили его покраску. Значит ли это, что автомобиль потерял работоспособность? Нет, ибо он отвечает всем требованиям, относящимся к основным параметрам: сохранилась его скорость, управляемость, проходимость, в норме остается расход горючего.

Но можно ли считать, что автомобиль с помятым крылом или поврежденной покраской находится в исправном состоянии?

Нет, ибо нарушено одно, хотя и второстепенное требование, относящееся к его внешнему виду. Вы можете убедиться в этом, если попытаете проехать в такой машине по улицам Москвы. Первый же инспектор ОРУДа убедительно разъяснит вам, что вы заблуждаетесь, хотя всех тонкостей терминологии он может быть и не знает.

Другой пример. В вашем радиоприемнике перегорела лампочка освещения шкалы. Приемник уже считается неисправным, ибо пользоваться шкалой настройки стало менее удобно, деления шкалы хуже видны. Но работоспособность приемника сохранилась: все основные параметры, характеризующие его работу,— чувствительность, избирательность, чистота и сила звука — остались в норме.

Итак, если изделие исправно, то оно обязательно и работоспособно, однако работоспособное изделие может быть и неисправным.

## **Отказ и его виды**

Важнейшее значение в теории и практике надежности имеет понятие отказа. Под отказом понимается **событие, состоящее в полной или частичной утрате работоспособности изделия.**

Так же как работоспособность иногда отождествляют с исправностью, отказ отождествляют с неисправностью. Это тоже неверно. Ведь неисправность, как мы видели, связана с нарушением **любого**, как основного, так и второстепенного параметров, характеризующих

данное изделие. Отказ, поскольку он ведет к утрате (хотя бы частичной) работоспособности, связан с нарушением только **основных** параметров, характеризующих нормальную работу изделия.

Вернемся к нашему примеру. Если в автомобиле перестали работать тормоза — это отказ, так как нарушено одно из основных требований к нормальной работе автомобиля и пользоваться такой машиной до устранения причины отказа нельзя. Если же помято крыло или ободрана краска — это еще не отказ, так как автомобиль сохраняет свою работоспособность (хотя и будет уже считаться неисправным).

Отказы могут быть самые различные. В сборнике рекомендуемых терминов перечисляются 20 видов отказов. Приведем здесь лишь некоторые из них.

С точки зрения возможности дальнейшего использования изделий отказы можно разделить на частичные и полные.

При **частичном отказе** изделие перестает выполнять какую-либо одну (или несколько) из своих основных функций, продолжая в то же время работать и нормально выполнять все остальные функции. Например, в телевизоре плохо работает фокусировка, но яркость изображения остается достаточной и звуковое сопровождение нормальным. Если нет времени обратиться в ателье, вы, хотя и с меньшим удовольствием, можете продолжать пользоваться телевизором.

При **полном отказе** изделие перестает выполнять **все** свои основные функции. Это значит, что у вашего телевизора пропадает и изображение, и звук, т. е. поневоле приходится вызывать мастера.

По характеру изменения параметров, определяющих нормальное выполнение изделием его основных функций, отказы делятся на внезапные и постепенные (для удобства изложения мы будем называть их иногда износowymi отказами).

Основное свойство **внезапных отказов** — случайный характер их появления. К таким отказам в радиоэлектронике, например, можно отнести перегорание предохранителя, пробой изоляции, короткое замыкание в лампе.

Внезапные отказы в большинстве случаев бывают **полными** и **очевидными**.

В отличие от внезапных **постепенные отказы** зависят главным образом от длительности эксплуатации изделия. К таким отказам можно отнести понижение эмиссии электронной лампы, изменение емкости конденсатора или величины сопротивления выше допустимых пределов.

В отличие от внезапного постепенный отказ обычно бывает **частичным** и **скрытым**.



Правильное понимание физической сущности отказов имеет настолько большое значение в борьбе за высокую надежность изделий, что мы специально остановимся на этом в следующей беседе.

## **Какие свойства изделия характеризуют его надежность?**

Как мы уже знаем, надежность — одно из свойств изделия, характеризующих его качество. Но сама надежность, в свою очередь, также характеризуется рядом свойств, основные из которых: безотказность, долговечность и ремонтпригодность. Поэтому, в соответствии с принятой сейчас терминологией, **надежность определяется как свойство изделия, обусловленное его безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью и обеспечивающее нормальное выполнение изделием заданных функций.**

Что представляет собой каждое из этих трех основных свойств?

**Безотказность — это свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации.**

В нашей литературе часто это определение относят к надежности, понимаемой в узком смысле. В иностранной литературе тоже часто, говоря о безотказности, употребляют термин «надежность».

Безотказность — важнейшее свойство, определяющее надежность изделия, однако наряду с ним большое значение имеет и способность изделия сохранять работоспособность в течение возможно более длительного времени. Поэтому вторым основным свойством изделия является долговечность. **Долговечность — это свойство изделия длительно (с возможными перерывами на ремонт) сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации до разрушения или другого предельного состояния.**

Что понимается здесь под предельным состоянием?

Возьмем авиационный двигатель. Можно ли эксплуатировать его до разрушения? Ведь разрушение двигателя в полете означает аварию. Следовательно, авиационный двигатель должен эксплуатироваться не до разрушения, а до какого-то предельного состояния, устанавливаемого с учетом безопасности полетов.

Другой пример. Мы знаем, что после ремонта, особенно среднего или капитального, изделие вновь может нормально работать в течение сравнительно длительного времени. Но сколько раз можно его ремонтировать? Теоретически — неограниченное количество раз. Вышел, скажем, в автомобиле из строя двигатель — поставим новый, сломалась рама — заменим и ее, можно, наконец, заменить и весь кузов. Но наступает момент, когда такой ремонт становится экономически невыгодным, а связанные с ним расходы — неоправданными. Следовательно, предельное состояние определяют в зависимости от

условий обеспечения безопасности или экономических соображений.

Могут задать вопрос: в чем же разница между безотказностью и долговечностью изделий, ведь и то и другое — свойства изделия сохранять работоспособность? Различие (причем весьма существенное) заключается в том, что безотказность — это свойство изделия непрерывно сохранять работоспособность в течение какого-то ограниченного времени, долговечность же — свойство изделия длительно сохранять работоспособность с возможными перерывами на ремонт.

Третьим основным свойством, определяющим надежность изделия, является его ремонтпригодность. Представим себе такой случай. Наш станок работает безотказно в течение длительного времени. Но вот он все же испортился, отказал. Все попытки оператора найти причины отказа не увенчались успехом; вызвали механика, технолога цеха, потеряли полсмены, пока, наконец, после долгих мучений, поломка была найдена и устранена.

А теперь допустим — рядом другой станок. У него отказы случаются примерно так же часто, как и у первого. Но в первом станке на отыскание и устранение причин каждого отказа приходится затрачивать по нескольку часов, во втором же для этого требуется всего 15—20 минут. Почему? Да только потому, что конструкция второго станка лучше продумана, обеспечивает легкий доступ к любому узлу и детали, которые могут потребовать замены, в него встроены специальные устройства, сигнализирующие о каждом отказе.

Совершенно естественно, что надежность в эксплуатации, эффективность использования второго станка будут выше.

Приспособленность изделия к восстановлению его исправности и называется его ремонтпригодностью. Могут спросить, какое же из перечисленных свойств изделия имеет наибольшее значение? Такая постановка вопроса сама по себе неправильна. В зависимости от характера технического устройства и его назначения на первый план выдвигается в одном случае безотказность, в другом — долговечность.

Каждому ясно, что система управления космическим кораблем прежде всего должна быть предельно безотказна, должна обеспечивать полную безопасность полета человека в космосе.

Если выбирать, какое требование важнее для системы и аппаратуры железнодорожной автоблокировки — ее высокая безотказность или долговечность, также всякий отдаст предпочтение безотказности. Только при этом условии может быть обеспечена безопасность железнодорожного движения.

Но для многих видов промышленного и сельскохозяйственного оборудования, для технических изделий культурно-бытового и хозяйственного назначения большое значение имеет и долговечность их

работы, их ремонтпригодность. Никто не купит телевизор, который будет безупречно работать только месяц, и никому не нужен комбайн, если он выйдет из строя за один сезон.

Однако всегда ли нужно стремиться к максимальной безотказности и долговечности технических устройств и изделий?

Ведь и повышение безотказности, и увеличение долговечности может быть связано с дополнительными затратами. Поэтому в каждом случае необходимо предварительно определить, какой ценой это достигается, и являются ли экономически оправданными с государственной точки зрения связанные с этим дополнительные расходы.

Если повышение безотказности не вызывает неоправданно больших затрат, нужно стремиться к максимальной безотказности. Это ясно. Иначе обстоит дело с долговечностью. Стремиться к максимальной долговечности технических устройств было бы неправильно. Необоснованно завышенные сроки службы оборудования машин, аппаратов могут привести к техническому застою, затормозить темпы технического прогресса.

Один досужий инженер подсчитал, что если бы в наших телевизорах использовать узлы и детали с такой же высокой степенью надежности, какой обладают детали космических кораблей, то телевизор мог бы проработать без единого отказа 25 тысяч лет!

Совершенно очевидно, что если бы каждый телевизор мог добросовестно прослужить не 25 тысяч, а просто 25 лет, то и тогда вряд ли нашлись бы желающие использовать его в течение этого срока. Ведь при исключительно быстрых темпах развития современной радиоэлектроники телевизор за это время настолько морально устаревает, что превратится в музейную редкость.

Очевидно, для каждого вида оборудования, машин, аппаратов должны быть разработаны и экономически обоснованы показатели не максимальной, а оптимальной долговечности, с учетом физического износа, стоимости ремонта и морального старения.

## **Как измерить и оценить надежность?**

Любое свойство изделия можно оценить и измерить в каких-то единицах. Скажем, точность обработки на станке может быть измерена в микронах, мощность двигателя — в киловаттах или лошадиных силах, скорость автомобиля — в километрах в час. Только оперируя конкретными цифрами, мы можем реально оценивать качество технического устройства, сравнивать между собой машины, аппараты, приборы одинакового назначения.

Но как оценить надежность машины, можно ли ее измерить, выразить в каких-нибудь конкретных величинах?

В современных научных исследованиях все шире внедряются количественные методы и оценки. Вправе ли мы ограничиваться при определении надежности такими общими выражениями, как высокая надежность, низкая, сделано лучше, хуже, больше, меньше?

Как же быть? Неужели придется выдумывать какие-то новые единицы? Ведь надежность не измерить ни микронами, ни лошадиными силами, ни километрами.

Рассмотрим этот вопрос с практической стороны. Ни одна машина, рассчитанная на длительную эксплуатацию, не может проработать весь срок службы без отказов, без какого бы то ни было ремонта. Но как часто будут происходить эти отказы, сколько времени машина может нормально работать от одного отказа до другого, или, как принято говорить, какова будет «наработка» машины между двумя соседними отказами?

Очевидно, в одной машине наработка между отказами будет больше, в другой меньше. Допустим два соседа в один и тот же день купили два телевизора одинакового типа. Если вы захотите оценить надежность телевизоров этого типа, наблюдая только за работой этих двух экземпляров, то зря потеряете время. Ведь у одного может оказаться удачный экземпляр, а у другого — нет.

Совсем иное получается, если собрать статистические данные о работе однотипных телевизоров, скажем, в Москве или Киеве. Опыт показывает, что если провести длительные испытания достаточно большого числа однотипных изделий, можно, используя методы математической статистики, более или менее точно установить какое-то среднее время нормальной работы изделий данного типа между двумя соседними отказами. **Это среднее время нормальной работы восстанавливаемого изделия между отказами (среднее время его «наработки») принято называть «наработкой на отказ».**

Нарработка на отказ может выражаться либо в часах, что удобно при непрерывном режиме работы изделия, либо в циклах, что удобно, когда изделие работает с интервалами, либо в других единицах. В часах есть смысл выражать наработку на отказ машин, оборудования; в циклах — переключателя или реле; для автомобиля наработка может измеряться количеством километров пробега.

Нарработка на отказ может служить одним из основных количественных показателей надежности изделия. Поскольку устранение каждого отказа требует, как правило, ремонта изделия, показателем его надежности можно практически считать среднее время безотказной работы изделия между двумя ремонтами или, иначе говоря, среднее время его безремонтной работы.

Оговоримся, что мы имеем в виду не заранее предусмотренные планово-предупредительные ремонты, целью которых является предупреждение преждевременного износа узлов и деталей изделия

и выхода его из строя, а только те (независимо от их сложности), которые вызываются нарушением нормальной работы изделия.

Если, скажем, у одного станка наработка на отказ, т. е. среднее время его нормальной работы между двумя отказами (и, следовательно, среднее время его безремонтной работы), будет равно 200 часам, а у другого — 400 часам, мы вправе будем, при прочих равных условиях, считать второй станок более надежным, чем первый.

Но одна наработка на отказ еще не может достаточно полно характеризовать надежность. Для многих изделий бывает необходимо, чтобы они безотказно проработали в течение какого-то минимального времени, определяемого условиями их эксплуатации. Известно, например, что устранить отказы самолетного двигателя в воздухе, в большинстве случаев, бывает невозможно. Поэтому такой двигатель должен безотказно проработать, по крайней мере, в течение всего времени полета. Допустим, что время беспосадочного полета составляет 20 часов. Вот это время и будет являться минимально необходимым, или, как говорят, заданным временем безотказной работы самолетного двигателя.

Большинство зерноуборочных комбайнов работает в среднем всего 20—30 дней в году. Если в эти дни в двигателях комбайна появятся те или иные отказы и комбайны потребуют ремонта, это может сорвать своевременную уборку урожая и привести к большим потерям хлеба. Предположим, что в дни уборки комбайны работают в среднем по 20 часов в сутки. Следовательно, минимально необходимое, заданное время их безотказной работы будет составлять 400—600 часов, т. е. будет в 20—30 раз превышать минимально необходимое время безотказной работы самолетного двигателя.

Очевидно, что, сравнивая надежность двигателей и любых других изделий, имеющих разное назначение и разные условия работы, необходимо учитывать не только их наработку на отказ, но и требуемое (заданное) время их безотказной работы.

Зная соотношение наработки на отказ (т. е. среднего времени безотказной работы) и заданного времени безотказной работы данного изделия, можно определить **вероятность его безотказной работы, т. е. вероятность того, что в течение заданного времени при нормальных условиях эксплуатации изделия, в нем не произойдет отказа.**

Вероятность безотказной работы может служить вторым очень важным количественным показателем надежности изделия. Выражается она всегда числом от нуля до единицы, или в процентах — от 0 до 100.

Если, предположим, расчеты покажут, что вероятность безотказной работы авиационного двигателя равна 0,999 (или 99,9%), это

значит, что мы можем ожидать, что из 1000 полетов в 999 случаях двигатель проработает в течение всего полета безотказно, и лишь в одном полете может отказать в работе.

Люди, мало знакомые с теорией вероятностей, на основе законов которой производится расчет вероятности безотказной работы изделия, могут задать недоуменный вопрос: «Если наработка на отказ какой-либо машины равна, скажем, 100 часам, а заданное, требуемое время ее безотказной работы составляет также 100 часов, то зачем еще требуется вычислять какую-то вероятность безотказной работы этой машины? Ведь если среднее время безотказной работы равно заданному, то все машины проработают в течение этого времени без отказов, т. е. вероятность их безотказной работы будет равна единице, или 100%».

Увы, на деле определить зависимость таких величин, как наработка на отказ, заданное время безотказной работы изделия и вероятность его безотказной работы в течение заданного времени гораздо сложнее. В большинстве случаев, если наработка на отказ и заданное время исправной работы изделия равны, вероятность его безотказной работы в течение этого времени, как показывают законы теории вероятностей, будет составлять всего около 0,37, т. е. всего 37 изделий из 100 проработают в течение заданного времени безотказно.

На первый взгляд это кажется странным. Но вспомните, что наработка на отказ характеризует лишь **среднее** время безотказной работы изделия. А значит, в одних случаях отказы могут возникнуть значительно позже среднего времени, а в других случаях раньше.

Допустим, что по условиям эксплуатации заданное время безотказной работы какого-то изделия составляет 100 часов. Прежде чем запускать его в эксплуатацию, берем на испытание 10 таких изделий (практически обычно берется больше), чтобы определить их наработку на отказ. Испытания дают следующие результаты: первое изделие проработало безотказно 80 часов, второе — 120, следующие, соответственно, 90, 140, 70, 95, 75, 130, 85 и 115 часов.

Вычисляем среднее значение безотказной работы всех испытываемых изделий, т. е. их наработку на отказ:

$$\frac{80 + 120 + 90 + 140 + 70 + 95 + 75 + 130 + 85 + 115}{10} = 100 \text{ часов.}$$

Вроде все правильно — наработка на отказ равна заданному времени безотказной работы изделий. Между тем, как показали те же испытания, 6 изделий из 10 проработали безотказно меньше заданного времени.

Очевидно, чтобы повысить вероятность безотказной работы изделия в течение заданного времени, нужно, чтобы его наработка

на отказ (т. е. **среднее** время его безотказной работы) значительно превышала **заданное** время его безотказной работы. Расчеты показывают, что если наработка на отказ превышает заданное время в 10 раз, скажем, наработка на отказ самолетных двигателей будет равна 200 часам, а заданное время их безотказной работы составляет 20 часов, то вероятность безотказной работы таких двигателей в течение этого времени будет равна 0,9, или 90%. Если наработка на отказ будет увеличена до 2000 часов, т. е. будет превышать заданное время в 100 раз, вероятность безотказной работы двигателей в течение того же времени будет равна уже 0,99, или 99%. Если наработка на отказ будет превышать заданное время в 1000 раз — вероятность безотказной работы возрастет до 0,999, или 99,9% и т. д.

Следовательно, если вероятность безотказной работы изделия является величиной заданной, мы должны для ее обеспечения либо увеличивать наработку на отказ изделия, либо уменьшать требуемое время его непрерывной безотказной работы.

Наработка на отказ и вероятность безотказной работы как количественные показатели надежности наиболее удобны в тех случаях, когда речь идет о восстанавливаемых изделиях. В качестве основного количественного показателя безотказности невосстанавливаемых изделий обычно используется интенсивность отказов. **Интенсивность отказов — это вероятность отказа невосстанавливаемого изделия в единицу времени.** Поясним, что это значит и как определяется этот показатель на каком-нибудь примере.

Допустим, что мы поставили на испытание 10 тысяч конденсаторов и испытываем их в течение 200 часов. За время испытаний отказало 2 конденсатора. Чтобы определить интенсивность отказов проверяемых конденсаторов, берем отношение количества отказавших за время испытания конденсаторов к общему количеству подвергавшихся испытаниям конденсаторов, умноженному на число часов испытаний.

$$\frac{2}{10\,000 \times 200} = \frac{1}{1\,000\,000} = 10^{-6}$$

Следовательно, интенсивность отказов (ее обычно обозначают греческой буквой  $\lambda$ ) проверяемых конденсаторов равна  $10^{-6}$  за 1 час.

Наработка на отказ и интенсивность отказов непосредственно связаны между собой. Если принять простейший закон распределения отказов, наработка на отказ (обозначим ее буквой  $m$ ) будет разна обратной величине интенсивности отказов

$$m = \frac{1}{\lambda}$$

Если интенсивность отказов проверявшихся нами конденсаторов составляет  $10^{-6}$ , то наработка на отказ таких конденсаторов должна быть равна  $10^6$  часов, т. е. одному миллиону часов.

В случае непрерывной работы конденсатора в течение всего года, он проработает 8760 часов. Следовательно, при наработке на отказ в один миллион часов, такой конденсатор должен быть способен проработать непрерывно около 120 лет!

Очевидно, в данном случае понятие наработки на отказ теряет физический смысл. Если характеристика  $\lambda$  — интенсивность отказов — имеет вполне определенный физический смысл, то обратная величина имеет в данном случае лишь математический смысл.

Однако определение наработки на отказ элементов бывает полезно при оценке общей наработки на отказ всего устройства или системы, в которых используются данные элементы. Ведь любое сложное устройство состоит не из одного, а из тысяч, десятков тысяч, а иногда и сотен тысяч отдельных элементов. Теория показывает, что наработка на отказ устройства, состоящего из  $n$  элементов, обладающих одинаковой наработкой  $m$ , будет равна  $\frac{m}{n}$

Следовательно, если устройство состоит из 100 000 элементов, у которых наработка на отказ составляет 1 000 000 часов, его общая наработка на отказ будет 10 часов.

Соответственно при 10 тысячах элементов, наработка устройства на отказ будет составлять 100 часов.

Итак, мы можем достаточно полно оценить важнейшее свойство, характеризующее надежность изделия — его безотказность в работе. Ну, а как количественно оценить второе, важное свойство надежности изделия — его долговечность?

В качестве основных показателей долговечности изделия используются обычно технический ресурс и срок службы изделия.

**Техническим ресурсом** называется суммарная наработка изделия за период его эксплуатации до разрушения или другого предельного состояния.

**Срок службы** — это календарная продолжительность эксплуатации изделия до разрушения или другого предельного состояния.

На первый взгляд эти показатели одинаковы. Однако это заблуждение.

Предположим, мы учитываем в журнале время работы машины, аккуратно записываем, когда включаем и когда выключаем машину, независимо от того, почему она остановлена: из-за возникновения отказа или просто в конце смены. Этот журнал мы ведем с первого и до последнего дня эксплуатации машины.

Теперь подсчитаем общую сумму интервалов времени безотказной работы машины, т. е. ее суммарную наработку за весь период



эксплуатации. Это и будет ее полный технический ресурс. Короче говоря, технический ресурс — это чистое время работы машины за весь срок ее службы.

А как определяется срок службы машины? Он определяется общей, календарной продолжительностью нахождения машины в эксплуатации.

Допустим, что наша машина находится в эксплуатации 5 лет и каждый рабочий день (а таких рабочих дней в году будем считать 300) работает непрерывно по 7 часов. Полный технический ресурс машины в этом случае будет равен:

$$7 \times 300 \times 5 = 10\,500 \text{ часов,}$$

а срок службы составит 5 лет.

Естественно, что и технический ресурс и срок службы определяются с учетом того, что за период эксплуатации каждой машины она подвергается необходимому ремонту.

Срок службы изделия определяется в единицах времени (годы, месяцы), а технический ресурс, как и наработка на отказ, может определяться как в единицах времени, так и в других единицах — километрах пробега, цикла работы и т. д.

Очень важным количественным показателем надежности машины, учитывающим ее долговечность и ремонтпригодность, является коэффициент технического использования.

**Коэффициент технического использования** — это отношение полного технического ресурса изделия к сумме трех слагаемых: полного технического ресурса, суммарного времени, затраченного на ремонт за весь период эксплуатации, и суммарного времени, затраченного на профилактические работы.

Покажем опять-таки на каком-нибудь конкретном примере, как вычисляется коэффициент технического использования.

Предположим, нам нужно определить коэффициент технического использования применяемого нами двигателя внутреннего сгорания. Его полный технический ресурс составляет 5000 часов. За весь период эксплуатации двигателя на его ремонт затрачено 600 часов и на все профилактические работы 400 часов. Коэффициент технического использования двигателя в этом случае состоит:

$$\frac{5000}{5000 + 600 + 400} = 0,83 = 83\%$$

Следовательно, коэффициент технического использования изделия выражается в процентах и будет тем выше, чем больше полный технический ресурс изделия и чем лучше его ремонтпригодность, т. е. чем меньше общее время, затрачиваемое на ремонт и профилактические работы за весь период эксплуатации.

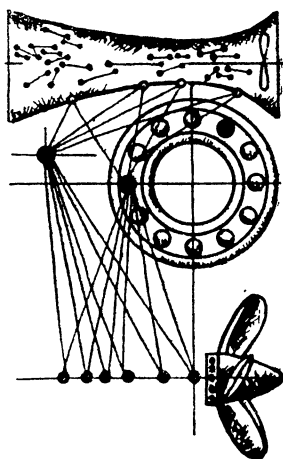
Мы познакомились с рядом показателей, служащих для количественной оценки надежности. Но могут спросить: а нет ли единого показателя, который позволил бы сразу оценить все основные свойства, характеризующие надежность изделия: и его безотказность в работе, и долговечность, и ремонтпригодность? К сожалению, такого показателя нет. Нельзя сказать, например, что надежность такого-то изделия равна 90%. Для того чтобы характеризовать надежность, нужно привести какие-либо определенные количественные показатели одного или нескольких основных свойств, определяющих надежность изделия. Например, можно сказать, что надежность двигателей внутреннего сгорания данного типа характеризуется вероятностью их безотказной работы в таких-то условиях и в течение такого-то времени, равной, скажем, 0,99. Можно сказать, что надежность данных двигателей характеризуется тем, что их технический ресурс составляет, предположим, 2000 часов.

Оценка надежности изделия будет полнее и всестороннее, если будут приведены показатели не одного какого-либо свойства (безотказности или долговечности или ремонтпригодности), а нескольких свойств. Например, если будет сказано, что надежность станков данного типа характеризуется их наработкой на отказ, составляющей 500 часов и коэффициентом технического использования, равным 0,85.

Только при наличии подобных конкретных показателей различных свойств изделия, можно будет правильно оценить его надежность, сравнить ее с надежностью изделий аналогичного типа и назначения и решить все теоретические и практические вопросы проблемы надежности.

Итак, мы познакомились с основными понятиями, вооружились необходимыми терминами. Попытаемся теперь поглубже разобратся в физической сущности вопроса.





## Беседа 6

### ИНЖЕНЕРНАЯ СУЩНОСТЬ ПРОБЛЕМЫ

#### Почему машина отказывается работать?

Каков основной вывод из предыдущих бесед? Он заключается в том, что машина, аппарат, прибор могут считаться надежными только в том случае, если в течение заданного времени они работают безотказно. Следовательно, при оценке надежности изделия решающее значение имеет тщательное изучение характера возможных отказов, правильное понимание их физической сущности.

Теория надежности различает три характерных типа отказов, присущих любому изделию или системе: приработочные, внезапные и износные. Отказы эти различаются не только по своей физической сущности, но и по способам их устранения и предупреждения.

**Приработочные отказы** происходят в начальный период работы изделия. Причиной их в большинстве случаев является наличие в изделии дефектных элементов, нарушения технологии сборки, ошибки монтажа и т. д.

Элемент отказывает, когда суммарная или индивидуальная нагрузка на него превосходит его механическую или электрическую прочность. Если в изделии несколько дефектных элементов, они будут отказывать при более низких уровнях нагрузки, чем нормальные, стандартные элементы. Поэтому у дефектных элементов обычно более высокая интенсивность отказов.

Природа возникновения приработочных отказов носит такой же случайный характер, как и внезапных.

**Внезапные отказы** возникают вследствие неожиданной концентрации нагрузок, превышающих расчетную нагрузку. Физический смысл внезапного отказа сводится к тому, что после некоторого сравнительно быстрого количественного изменения какого-либо параметра, в элементе происходят качественные изменения, в результате которых он теряет свои важнейшие свойства, необходимые для нормальной работы изделия. К таким отказам в радиоэлектронных устройствах можно отнести перегорание предохранителя или пробой изоляции, в механических изделиях — неожиданные поломки без предварительных симптомов разрушения.

Внезапные отказы носят случайный характер, никто не может предсказать, когда они произойдут. Однако и такие отказы все же

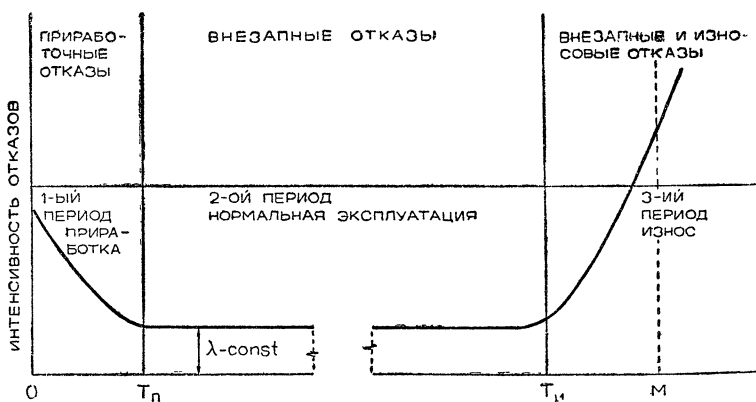


Рис. 1 Кривая интенсивности отказов в процессе работы изделия

подчиняются определенным общим закономерностям, и их частота в течение достаточно большого времени является примерно постоянной.

**Износные отказы** зависят главным образом от длительности эксплуатации изделия. Физический смысл их сводится к тому, что в результате постепенного, сравнительно медленного количественного изменения того или иного параметра элемента, этот параметр выходит за пределы, предусмотренные техническими условиями. В результате изделие перестает нормально выполнять все или часть своих основных функций. Примером износового отказа в радиоэлектронной аппаратуре может служить понижение эмиссии электронной лампы, в станках — износ режущего инструмента.

Такие отказы — неизбежный результат износа и старения деталей и материалов. При износе изменения параметров деталей связаны с частичным механическим разрушением материалов, при старении — с изменением внутренней структуры материала.

В отличие от внезапных отказов, имеющих сравнительно постоянную частоту, износостойкие отказы характеризуются быстрым нарастанием их интенсивности.

Интенсивность отказов всех трех типов в процессе работы изделия можно изобразить графически (см. рис. 1).

Мы видим, что работа изделия делится на три различных периода: 1-й — период приработки, 2-й — период нормальной эксплуатации, 3-й — период износа. Рассмотрим более подробно каждый из этих периодов и способы борьбы с характерными для него отказами.

### **Что такое приработка изделия?**

Надежность работы изделия в первый период — период приработки, полностью определяется интенсивностью отказов имеющихся в нем дефектных элементов. Так как продолжительность безотказной работы таких элементов обычно очень низка, от нескольких минут до нескольких десятков часов, вероятность безотказной работы изделия в этот период также крайне низка.

По мере замены дефектных элементов надежность изделия будет возрастать. Однако пока остается хотя бы один дефектный элемент, надежность изделия не может быть высокой, ибо его безотказность будет определяться работой оставшегося дефектного элемента.

Какие же меры могут уменьшить влияние прирабочных отказов на надежность изделия?

Прежде всего, надо стремиться, чтобы при сборке изделия в него не попадали дефектные элементы. Для этого необходимо тщательно отбраковывать все элементы, проверяя их в течение определенного времени в условиях, близких к реальным условиям эксплуатации. Надо, чтобы на сборку попадали только безусловно надежные элементы и детали. Необходимо также тщательно следить за качеством сборки и монтажа изделия.

К счастью, период приработки изделия, когда происходит отказ дефектных элементов, или, как говорят, их «выжигание», продолжается обычно недолго. В большинстве случаев он составляет несколько десятков часов. Это облегчает задачу, ибо можно организовать дело так, чтобы изделие прирабатывалось в заводских условиях. Тогда влияние прирабочных отказов на надежность изделия в эксплуатации можно практически полностью исключить.

Но для этого очень важно правильно определить время, необходимое для приработки изделия, период, когда выявляются отказы дефектных элементов. При этом надо помнить, что время приработки, определенное в результате испытаний, будет лишь средним временем. Поэтому приработку наиболее ответственных изделий и устройств целесообразно производить в заводских условиях в течение большего времени, чем среднее время приработки.

Приработка изделия в заводских условиях повысит его надежность в эксплуатации только в том случае, если каждый дефектный элемент будет заменяться полноценным. Здесь предварительная отбраковка элементов имеет еще большее значение, чем при сборке изделия. Если при сборке изделия в него попадут дефектные элементы, они выявятся в процессе приработки, и на период нормальной эксплуатации изделия могут и не повлиять. Если же отказавший элемент будет заменен непроверенным, это может затянуть период приработки или вызвать приработочные отказы во время эксплуатации изделия. Поэтому тщательный контроль и предварительная отбраковка элементов, используемых для замены, имеют важнейшее значение для надежности изделия в эксплуатации.

## **Период нормальной эксплуатации**

После окончания периода приработки наступает второй период — нормальной эксплуатации. Чем характерен этот период? В то время как период приработки бывает очень непродолжительным и составляет обычно несколько десятков, в редких случаях — сотни часов, период нормальной эксплуатации может продолжаться тысячи и десятки тысяч часов. Естественно, что для различных устройств и изделий длительность этого периода различна. Но важно иметь в виду, что необходимое, заданное время безотказной работы любого устройства никогда не может превосходить продолжительности периода нормальной эксплуатации данного устройства.

Период приработки сменяется периодом нормальной эксплуатации. В изделии остаются только полноценные, стандартные элементы, срок их износа еще не наступил, интенсивность отказов изделия резко падает. Уровень ее становится самым низким за все время эксплуатации.

Надежность изделия остается примерно одинаковой в течение всего периода нормальной эксплуатации. Так, если период нормальной эксплуатации изделия составляет 1000 часов, то вероятность его безотказной работы, скажем, от 0 до 10 часов, или от 990 до 1000 часов будет практически одинакова.

Что можно сделать для повышения надежности работы изделия в этот период? Может быть, зная интенсивность отказов использу-

мых в изделии элементов, заменять их, не ожидая наступления отказа? Нет, это было бы неправильным. Такая замена могла бы принести лишь вред. Ведь в период нормальной эксплуатации отказы носят внезапный характер, возникают случайно и неожиданно, и предусмотреть их приближения нельзя. Заменяя же еще исправный элемент новым, неприработанным элементом, мы увеличиваем опасность появления дополнительных, приработочных отказов. Поэтому в период нормальной эксплуатации целесообразно заменять элементы только после их отказа.

Повысить надежность изделия в период его нормальной эксплуатации можно путем снижения интенсивности отказов используемых элементов.

Уже сейчас удается достигнуть столь высокой надежности некоторых элементов, что она характеризуется интенсивностью отказов  $10^{-6}$ ,  $10^{-7}$  и даже  $10^{-8}$  в час. Значит, наработка на отказ таких элементов (обратная величина интенсивности отказов) будет составлять миллионы и десятки миллионов часов.

Конечно, это не значит, что такими элементами можно будет пользоваться в течение всего этого срока. Существует другой фактор, который ограничивает срок службы элемента, т. е. его фактическую долговечность. Это — износ и старение элементов.

Математически наработка на внезапный отказ лучших элементов может выражаться миллионами часов. Но фактический срок их службы до износа или разрушения обычно ограничивается несколькими тысячами, в лучшем случае — десятками тысяч часов. Иными словами, если бы использовать в данном случае термин «наработка на износосовый отказ» (вместо срока службы), можно было бы сказать, что наработка на такой отказ значительно, часто в сотни и тысячи раз меньше, чем наработка на внезапный отказ. Поэтому продолжительность периода нормальной эксплуатации изделия ограничивается наступлением износа его элементов.

## **Когда наступает износ...**

С наступлением периода износа к внезапным отказам начинают добавляться износосовые, и общая интенсивность отказов начинает возрастать.

Чтобы показать значение износосовых отказов и их влияние на надежность работы изделия, приведем следующий простой расчет.

Допустим, в изделии используются элементы, наработка которых на отказ (внезапный) равна 1 000 000 часов, а средний срок службы (до износа) составляет 10 000 часов.

Вероятность возникновения внезапного отказа в таком элементе в течение года его непрерывной работы (принимая округленно год за 10 000 часов) будет равна

$$\frac{10\,000}{1\,000\,000} = 0,01$$

А чему будет равна вероятность возникновения износового отказа за этот же период? Так как в нашем случае средний срок службы элементов равен расчетному времени их работы (10 000 часов), такая вероятность, по законам теории вероятностей, будет равна 0,5.

Таким образом, при длительной непрерывной работе изделия, приближающейся по времени к среднему сроку службы его элементов, можно ожидать, что вероятность износовых отказов (0,5) будет в 50 раз выше вероятности внезапных отказов (0,01), т. е. на один внезапный отказ может приходиться в среднем 50 износовых отказов, и, следовательно, надежность изделия в этот период (если заменять элементы только после их отказа) будет определяться главным образом износовыми отказами.

Что же можно сделать, чтобы уменьшить влияние износовых отказов на надежность работы изделия?

Рассматривая период нормальной эксплуатации изделия, мы пришли к выводу, что заменять элементы до наступления внезапного отказа, с целью исключить возможность его появления, нецелесообразно и практически невозможно, ибо предвидеть его нельзя.

Иначе обстоит дело при износовых отказах. Ведь такие отказы в большинстве случаев результат закономерного, постепенного износа и старения используемых в изделии элементов и материалов. Средний срок службы элемента до износа — величина, значительно более определенная, и предвидеть время наступления износа элемента более просто.

Поэтому профилактическая замена элементов до наступления износового отказа вполне возможна и, как правило, весьма целесообразна. Она дает возможность почти полностью исключить влияние отказов из-за износа на надежность работы изделия и увеличить таким образом продолжительность периода его нормальной эксплуатации, т. е., в конечном счете, повысить надежность изделия. Особенно целесообразна такая профилактическая замена элементов при эксплуатации сложных и ответственных технических систем длительного использования.

Для профилактической замены элементов в период износа необходимо, прежде всего, иметь точные, исчерпывающие характеристики износа всех элементов, полученные в результате испытаний.



Зная характеристики износа элементов и используя методы теории вероятностей, можно рассчитать время профилактической замены элементов. Совершенно очевидно, что время работы элементов до их замены должно быть меньше, чем средний срок их службы. Обращаясь к графику, можно сказать, что замена элементов должна производиться не в точке  $M$  (обозначающей средний срок службы элементов), а уже начиная с точки  $T_{ц}$ , т. е. с момента появления возможности первых износных отказов. Чем сложнее и ответственнее изделие или система, тем раньше должна производиться в них профилактическая замена элементов, приближающихся к наступлению времени их износа.

При проведении профилактической замены элементов важно следить, чтобы в изделие ставились только проверенные, полностью удовлетворяющие всем требованиям элементы. В противном случае профилактическая замена элементов может привести к увеличению приработочных отказов.

## **Общая задача повышения надежности**

Подводя итоги, можно сделать вывод, что задача обеспечения высокого уровня надежности должна заключаться:

во-первых, в исключении приработочных отказов, путем наблюдения их распределения, определения продолжительности периода приработки и осуществления этой приработки до начала эксплуатации изделия;

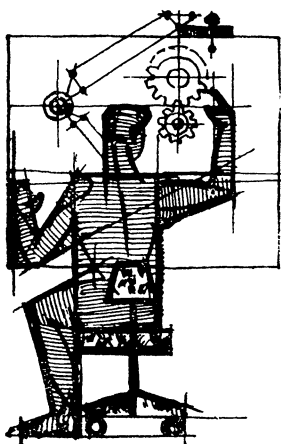
во-вторых, в предупреждении износных отказов, путем наблюдения распределения таких отказов, определения сроков профилактической замены различных элементов и деталей и осуществления такой замены;

в-третьих, в предупреждении, уменьшении или полном устранении внезапных отказов, которые наиболее пагубно сказываются в период нормальной эксплуатации изделия — после окончания периода приработки и до начала наступления периода износа.

Говоря еще короче,— все усилия, затрачиваемые на приработку и предупреждение износа, преследуют одну цель, одну задачу, которая является основной в повышении надежности: **обеспечить такие условия работы устройства или изделия, при которых в них могут возникать лишь внезапные отказы, и при помощи специальных мер при проектировании и производстве уменьшить эти отказы до минимума и облегчить их быстрое устранение.**

О мерах повышения надежности в процессе проектирования, производства и эксплуатации изделия мы и расскажем дальше.





## Беседа 7



### **ФУНДАМЕНТ ЗАКЛАДЫВАЕТ КОНСТРУКТОР**

#### **«Кто же „стрелочник“?»**

Когда на завод поступают рекламации, начинаются поиски причин брака, начинают, как говорится, «искать стрелочника».

Технологи обвиняют проектировщиков в том, что они недостаточно хорошо продумали конструкцию изделия, применили не те материалы, неправильно рассчитали режимы работы, не проверили надежность изделия в ходе проектирования.

Конструкторы, в свою очередь, утверждают, что ошибок при выборе конструкции не было, режимы работы всех узлов и деталей рассчитаны правильно, а причина рекламации — несовершенство технологического процесса или нарушение установленной технологии в ходе серийного производства. Короче говоря, виноваты технологи.

Иногда конструкторы и технологи объединяются и обвиняют во всем эксплуатационников, а те, в свою очередь, с жаром доказывают: и конструкция не годится, и изготовлена машина из рук вон плохо.

Кто же прав? Это можно решить только в каждом конкретном случае. Мы упомянули здесь об этих спорах для того, чтобы наглядно показать, что любое изделие последовательно проходит три этапа. проектирование, производство и эксплуатацию. Каждый из этих этапов оказывает свое влияние на качество и эксплуатационную надежность изделия.

Действительно, строгое соблюдение правил эксплуатации, бережный, заботливый уход, чистота, своевременная смазка, осуществление необходимых профилактических мероприятий — все это играет большую роль в обеспечении надежности изделия. Правильная эксплуатация позволяет поддерживать в течение длительного времени надежность изделия, полученную в ходе его изготовления. Однако повысить ее эксплуатационники практически не могут. Ведь для этого требуется обычно изменить конструкцию или схему изделия, заменить те или иные материалы, узлы и детали, пересчитать режимы их работы и т. д.

Гораздо больше возможностей для повышения надежности в процессе производства. Высокая надежность любого изделия во многом зависит от соблюдения элементарной культуры производства, совершенства технологического процесса и его строгого соблюдения, степени автоматизации, системы технического контроля.

И все же решающее слово принадлежит даже не технологу. Спроектированную машину можно изготовить лучше или хуже, можно вообще испортить ее, если технология и организация производства никуда не годятся. Но никогда, даже при самой совершенной технологии, нельзя сделать хорошую, надежную машину, если конструкция ее неудачна.

## **Фундамент надежности и фундамент ненадежности**

Особенно важная роль в создании каждой машины принадлежит ее конструктору. Именно конструктор, используя в своем проекте все достижения современной науки и техники, вкладывая в него весь свой опыт, знания, творческие искания, создает новый образец машины, дает ей путевку в жизнь.

Конструктор первый закладывает основы высокого качества изделия, фундамент его надежности. Но нередко в конструкторском бюро закладывается и «фундамент ненадежности». Именно — фундамент. Если в новом доме плохая крыша, ее можно сменить. Хуже, если небрежно выложены стены, но и этот недостаток можно как-то исправить. А вот если неверно рассчитан фундамент, то дело совсем плохо. Его нельзя ни заменить, ни переделать. Точно так же ни в процессе производства, ни в эксплуатации нельзя исправить машину, если уже в проекте, в принципе, она ненадежна.

Какие трудности влечет за собой изменение конструкции хотя бы отдельной детали, когда машина находится уже в серийном производстве, показывает следующий пример.

На Харьковский завод «Серп и молот» начали поступать сигналы о том, что шатуны выпускаемых заводом тракторных двигателей

часто обрываются. Как показало тщательное исследование, причина заключалась в недостаточной жесткости шатуна. После длительных поисков конструкторы предложили новую конструкцию шатуна с усиленным стыком нижней головки. Но оказалось, чтобы реализовать это предложение, нужно перестраивать четыре уже работающих автоматические линии.

Поэтому, если хороший проект является фундаментом надежности изделия, плохой проект может явиться, наоборот, фундаментом его ненадежности. Например, как показывает опыт, до 40% неисправностей электронной аппаратуры — результат недостатков проектирования (неудовлетворительной отработки схем, погрешностей в расчетах, использования элементов в режимах, не предусмотренных техническими условиями).

Следовательно, этап проектирования имеет важнейшее значение для обеспечения высокой надежности изделия. Высокая надежность должна закладываться при проектировании, обеспечиваться в производстве и поддерживаться при эксплуатации.

## **Интуиция или расчет**

В ходе проектирования каждому конструктору приходится решать две задачи:

во-первых, спроектировать изделие так, чтобы его технические характеристики отвечали заданным требованиям, т. е. чтобы изделие было способно успешно выполнять функции, для которых оно предназначено:

во-вторых, спроектировать изделие так, чтобы оно было надежно в эксплуатации, служило требуемый срок и чтобы его легко было ремонтировать.

Любой конструктор сначала решает первую задачу. И это понятно: если заданные требования к техническим характеристикам не могут быть выполнены, нет смысла терять время на решение других задач проектирования.

Но как бы высоки ни были технические характеристики изделия, пользы от него будет мало, если оно окажется ненадежным и будет часто отказывать в работе. Поэтому каждый конструктор должен помнить, что высокая надежность изделия также очень важна.

Однако до последнего времени эти две важнейшие задачи проектирования занимали далеко не равноправное положение. В технических условиях на разработку любого изделия подробно оговаривались все его основные технические характеристики, кроме требований к надежности. А раз так, то какой же мог быть спрос с конструктора за надежность?

Естественно, что основное внимание конструктор сосредоточивал на технических характеристиках изделия. Нужная скорость движения автомобиля обеспечена. Расход топлива, смазочных масел в норме. Снижен вес конструкции, достаточно просто управление. А если машина, не проработав и года, вышла из строя, то кто в этом виноват?

Конечно, добросовестный конструктор стремился сделать свое детище возможно более надежным, но добивался этого часто интуитивно, не проводя необходимых расчетов, не организуя специальных испытаний. Сейчас совершенно очевидно, что интуиция и эмпирический подход должны уступить место объективным методам статистических исследований.

## **Контролировать надежность надо вовремя**

Нередко современные кинофильмы начинаются с развязки. Авторы показывают зрителю финал картины, овладевают его вниманием, а потом спокойно «по ниточке» распутывают сюжет. Попробуем и мы начать с конца.

Предположим, что конструктор закончил работу, по его чертежам сделан опытный образец, он поступил на испытания и оказалось: конструкция не отвечает требованиям надежности, и труд многих месяцев, а может быть и лет, пропал даром.

В чем же в данном случае основная ошибка конструктора? Да в том, что он вспомнил о надежности лишь на последней стадии проектирования, когда что-либо исправить уже трудно. А помнить о ней нужно всегда и контролировать ее необходимо на каждой стадии проектирования.

Однако техника любит ясность, и сказать «всегда» — это значит еще ничего не сказать. Так вот, чтобы быть точными, скажем, что проверку и контроль надежности проектируемого образца целесообразно проводить, по крайней мере, в три этапа.

**Первым этапом** является предварительный, сравнительный анализ надежности различных вариантов конструкции, в результате которого выбирается окончательный вариант.

**Второй этап** предусматривает анализ надежности окончательного варианта конструкции. Если мы убедимся, что надежность конструкции соответствует заданным требованиям, то можно начать изготовление образца. Если же нет — надо искать пути повышения надежности до требуемого уровня.

Тщательный и добросовестный контроль на первом и втором этапах позволяет добиться значительного повышения надежности еще до того, как будет начато изготовление образца. На этих этапах выбирают вариант конструкции, позволяющий наиболее удачно

добиться требуемого уровня надежности; определяют наиболее слабые места, где необходимо принять особые меры, чтобы предотвратить перегрузку деталей или применить их резервирование, уточняют характеристики используемых элементов и деталей, проверяют конструкцию и монтаж с точки зрения ремонтпригодности изделия. Все это обеспечивает возможность оптимального проектирования, т. е. достижения одновременно как наилучших технических характеристик изделия, так и наиболее высокой его надежности.

На **третьем этапе** испытываются первые опытные образцы, и данные этих испытаний сопоставляются с результатами анализа на втором этапе. Нагрузка на узлы и детали на первых двух этапах могла быть определена лишь весьма приближенно. Реальные физические нагрузки — механические, электрические, тепловые — становятся известны только после изготовления и испытания образцов.

Основная цель этих испытаний — выяснить, соответствует ли реальная надежность образца данным, полученным в результате предварительного анализа. Чтобы не затягивать сроки проектирования, эти испытания можно проводить в виде ускоренных испытаний.

В ходе испытаний могут выявиться факторы, неучтенные во время проектирования и анализа. Это может привести к необходимости внесения отдельных изменений в размещение деталей, их компоновку, схему соединений. Иногда выясняется, что надо заменить те или иные элементы на более высококачественные. Однако тщательное проведение первого и второго этапов проверки и контроля надежности обычно позволяет ограничиться незначительными исправлениями, не требующими серьезного изменения конструкции.

Следовательно, если первые два этапа дают уверенность, что проектирование идет в правильном направлении, третий этап обычно подтверждает это. Тщательная и добросовестная проверка надежности на всех трех этапах исключает возможность выпуска изделий, недостаточная надежность которых выявилась бы лишь после того, как они поступят в эксплуатацию.

## **Знать условия эксплуатации**

Для того чтобы надежность проектируемого образца была всегда в центре внимания конструктора, чтобы она контролировалась на всех этапах, необходимо прежде всего, чтобы в каждом задании на проектирование, вместе с требуемыми техническими характеристиками, обязательно указывался и требуемый уровень надежности изделия.

Определение оптимальных показателей надежности — задача очень сложная. К ее решению необходимо шире привлекать научно-исследовательские организации как исполнителя, так и заказчика.

Чем теснее будет связь конструкторских бюро с научными организациями, чем шире будут развернуты теоретические и экспериментальные работы, предшествующие проектированию образца, тем больше уверенности, что машина будет надежной, что она получится именно такой, как требуется.

Многие московские предприятия и их конструкторские бюро широко привлекают научно-исследовательские институты для определения оптимальных показателей и нормативов надежности по основным видам изделий, для разработки типовых методов расчета надежности. В планы совместных исследований включено около тысячи аналогичных тем. Все это дало свои плоды.

Приступая к работе, конструктор должен совершенно отчетливо представлять себе реальные условия эксплуатации проектируемого им изделия. Что может случиться, если об этом требовании забывают, можно показать на примерах.

В Сибири и на Крайнем Севере оборудование часто служит значительно меньше времени, чем в средней зоне страны. Почему? Разве там настолько хуже условия? Не хуже, но иные. Проектировщик да и сами заказчики не всегда учитывают особенности климата, реальные условия, в которых придется работать оборудованию. Для надежной работы оборудования при низких температурах часто бывает, например, надо применять специальные марки стали, а конструкторы не всегда принимают это во внимание.

Горьковский телевизионный завод им. Ленина получал большое количество жалоб на неустойчивую работу выпускаемых им телевизоров «Радий-Б». При проверке оказалось, что одной из причин неустойчивой работы телевизоров у горьковчан является неравномерное напряжение городской сети. Телевизор рассчитан на напряжение 220 вольт, а фактическое напряжение в сети иногда достигало 250 вольт. Стоило конструкторам вмонтировать в телевизор специальный автоматический регулятор напряжения, и количество жалоб резко сократилось. Но ведь это можно было сделать гораздо раньше.

А сколько хлопот эксплуатационникам может доставить конструктор, работающий в отрыве от практики. Например, известно, что для облегчения ухода за машиной нужно стремиться к уменьшению числа точек смазки. Всегда ли это соблюдается? К сожалению, нет. Так, льнотеребилка ЛТ-12 имеет 212 точек смазки, комбайн С-4 — 150 точек, причем 64 из них должны обслуживаться ежемесячно, кукурузоуборочный комбайн — 142.

Не трудно представить себе, какую долю рабочего времени будет отнимать смазка этих машин, если производить ее с необходимой пунктуальностью. Так, если строго выполнять все рекомендации заводов, время на обслуживание и смазку тракторов МТЗ составит

26%, а тракторов Т-75 — 31% от времени их работы в поле.

Нужно помнить, что понятие эксплуатационная надежность не однозначно с конструктивной надежностью. Конструктор обычно определяет надежность применительно к наиболее благоприятным условиям работы и при самом высококвалифицированном обслуживании. Под эксплуатационной же надежностью понимается фактическая надежность изделия в конкретных условиях его эксплуатации. Поэтому, если конструктор не будет в совершенстве знать условий эксплуатации, эксплуатационная надежность проектируемого им изделия будет всегда значительно ниже конструктивной надежности.

Следовательно, тесная, повседневная связь с потребителями — одна из важнейших предпосылок успешной работы каждого конструктора.

В 1962 г. при отделе главного конструктора Ярославского моторного завода было создано эксплуатационно-исследовательское бюро. Оно стало центром, питающим создателей дизельмоторов необходимой информацией о поведении двигателей, работоспособности их узлов и деталей в различных условиях эксплуатации. Здесь сосредотачиваются все материалы, получаемые с автомобильных и ремонтных заводов, из многочисленных автохозяйств. Работники эксплуатационно-исследовательского бюро сами систематически выезжают на места.

Глубокое и непосредственное знакомство конструкторов с реальными условиями эксплуатации двигателей дало им возможность сделать научно обоснованные выводы, разработать способы повышения надежности и долговечности узлов и деталей дизель-моторов.

Аналогичную работу начинают проводить и многие другие передовые конструкторские бюро.

## **Несколько слов о технологичности**

Допустим, нужды эксплуатационников учтены. А нужды производителей и в первую очередь технологов? На первый взгляд может показаться, что это, как говорят, совсем из другой оперы. Взаимоотношения между конструктором и технологом — вопрос сложный, деликатный и к надежности изделий непосредственно вроде бы не относится. Но ведь нас, в конечном счете, интересует надежность не одного образца, а надежность изготавливаемых по этому образцу серийных изделий. Поэтому каждый конструктор должен обязательно учитывать технологичность проектируемого им изделия, его приспособленность к массовому серийному производству.

К сожалению, это очень важное требование далеко не всегда соблюдается. И виноваты в этом не только конструкторы, а часто



и существующая система разработки новых образцов. Казалось бы очевидно, что конструкторы, проектирующие изделия, и технологи, работающие над освоением их серийного производства, должны действовать в тесном творческом содружестве, должны быть объединены в единой производственной системе. А что получается на деле?

Конструкторское бюро, проектируя новую машину, часто не знает, где, на каком заводе она будет осваиваться, каковы возможности этого завода. В свою очередь, завод, который должен выпускать новую машину, получает готовую техническую документацию, к которой до этого времени он никакого касательства не имел. Технологи, металлурги приступают к решению своей задачи уже тогда, когда начинается подготовка к серийному производству. И тут выясняется, что некоторые узлы спроектированной машины нетехнологичны, что металлурги не могут сделать одно, а механообработчики — другое. Изменения приходится вносить уже в процессе производства. Технологи настаивают на своем, конструкторы возражают, а в результате затягиваются сроки выпуска новых машин, страдает их надежность.

Часто бывает, что даже конструкторские бюро и заводы, работающие в одной области, например, в области машиностроения, оторваны друг от друга. В Ростове при заводе «Ростсельмаш» есть Государственное специальное конструкторское бюро (ГСКБ). Но ни одной машины этого ГСКБ «Ростсельмаш» не выпускает, все они производятся на других заводах страны. А сам «Ростсельмаш» выпускает машины, проектируемые конструкторским бюро, находящимся в Таганроге.

В свое время было выдвинуто очень правильное предложение, чтобы одновременно с заданием конструкторскому бюро на проектирование новой машины был определен и завод, который должен будет осваивать ее в серийном производстве. Тогда уже в процессе проектирования машины конструкторы КБ и заводские технологи смогут добиться высокой технологичности нового образца.

## **В поисках материалов**

Выяснив, каким должно быть изделие и как его изготовлять, конструктор должен решить, из чего изготовлять изделие и отдельные его части. Надежность и долговечность любого нового образца машины, аппарата, прибора в значительной степени зависит от используемых в нем материалов и деталей.

Конструктор всегда должен смотреть вперед и не цепляться за старое. Следовательно, он должен хорошо знать не только всю номенклатуру серийно выпускаемых материалов и деталей, но и новые их образцы, находящиеся в разработке.

Усилиями наших ученых и инженеров в последние годы созданы исключительно прочные, износостойкие и вместе с тем экономичные материалы для многих отраслей промышленности.

Все знают, как быстро выходят из строя детали от трения. Например, тормозные детали шагающих экскаваторов или нефтебуровых лебедок приходится менять каждые 7—10 дней. И это не удивительно. Ведь при трении развивается очень высокая температура, достигающая иногда тысячи градусов.

Если перевести в электроэнергию все тепло, выделяемое при торможении реактивного самолета ТУ-114, ее хватило бы, чтобы осветить в тот же промежуток времени крупный современный город.

Наши ученые настойчиво работали над созданием долговечных теплостойких фрикционных материалов. Теперь такой материал есть. Это — ретинакс. Методом горячего прессования из ретинакса можно изготавливать самые различные детали, от совсем маленьких фрикционных колес до крупных тормозных колодок шагающих экскаваторов. Применение ретинакса увеличивает срок службы изделия в 5—10 раз.

Номенклатура материалов, которые могут быть использованы при проектировании новых машин, аппаратов, приборов, непрерывно растет. Например, только в электронной технике сейчас применяется уже свыше двух тысяч различных материалов.

Прогресс машиностроения стимулирует создание материалов с новыми, повышенными и специальными свойствами. Так, развитие авиационной промышленности вызвало появление большого количества высокопрочных сплавов на алюминиевой, магниевой и титановой основах. Развитие турбостроения привело к созданию жаропрочных и антикоррозийных материалов.

Если в недавнем прошлом в конструкторской практике применялось всего 10—12 сортов стали, то сейчас в распоряжении конструктора более 500 различных марок стали, чугуна и цветных сплавов.

В практике конструирования все более широко используются и неметаллические материалы: пластические массы с повышенными механическими свойствами, прессованная древесина, специальные сорта стекла.

По данным Научно-исследовательского института пластмасс уже сейчас наши машиностроители могут производить из пластмасс около 6400 различных деталей и узлов машин и механизмов.

Применение пластмасс значительно повышает надежность и долговечность деталей. Так, центробежные насосы из пластиков работают 1800—3600 часов, а чугунные — 180—360 часов. Подшипники скольжения из древесностлоистых пластиков служат примерно в пят-

надцать раз больше бронзовых. Применение фторопласта в насосах увеличивает срок их службы в шесть раз.

Потребовать от конструктора, чтобы он в совершенстве знал всю номенклатуру не только выпускаемых, но и находящихся в разработке материалов — легко, но как добиться этого?

Как известно, в настоящее время во всем мире выпускается до 35 тысяч различных научно-технических журналов, в которых ежегодно публикуется около миллиона статей. В состоянии ли конструктор самостоятельно следить за всем этим необъятным океаном научно-технической информации?

Очень важно поэтому обеспечить конструктора всеми необходимыми ему данными о выпускаемых и разрабатываемых материалах и комплектующих изделиях, их физико-химических свойствах, о возможной области и границах применения.

Этой цели служат различные справочники, в большом количестве выпускаемые как за границей, так и у нас. Достаточно сказать, что за последние три десятилетия в нашей стране было выпущено около 200 подобных справочников. Однако разобщенность работы многих институтов приводит к тому, что данные о свойствах различных материалов и веществ страдают неполнотой, в справочниках нередко приводятся различные, часто противоречивые данные об одних и тех же материалах. Например, значения теплопроводности газов, даже при нормальной температуре и давлении, помещенные в 12 наиболее распространенных справочниках, расходятся на 8—9%, а в отдельных случаях — на 20%. Вот и представьте себе, что может получиться, если при создании однотипных машин в одном КБ пользовались одним справочником, а в другом — другим. И даже в одной организации разные конструкторы часто пользуются различными справочниками. В результате — неразбериха, уточнения, переделки.

На Невском заводе им. Ленина были изготовлены диски газовых турбин. В эксплуатации они начали быстро выходить из строя. Оказалось, что характеристики стали, из которой делались диски, расходились с приводимыми в справочниках. Чтобы изготовить новые диски и заменить вышедшие из строя, потребовались большие затраты.

Можно было бы привести подобные примеры и из зарубежной практики. При запуске в США космического корабля в сторону Венеры было обнаружено, что он начал перегреваться. Как показала проверка, при проектировании корабля пользовались ошибочными справочными сведениями о тепловых свойствах примененных материалов.

Из-за неуверенности в точности справочных данных некоторые конструкторы, чтобы добыть нужные им сведения о материалах, проводят самостоятельно специальные испытания, затрачивая на них

дополнительные средства и время. Другие проектировщики поступают проще. Они берут данные из справочников, а затем для перестраховки создают «резерв», например, увеличивают запас прочности в два-три раза. В результате, вся конструкция становится тяжелее, дороже, ухудшаются ее эксплуатационные качества.

В этих условиях большое значение приобретает создание Государственной службы стандартных справочных данных (ГСССД), которая организуется в системе Комитета стандартов. Стандартные справочники будут давать официальные, апробированные, а значит, достоверные сведения, соответствующие современному уровню развития науки и техники.

## **Унификация вместо разнобоя**

Любая новая машина должна быть оригинальной. Однако означает ли это, что, проектируя ее, конструктор должен заново «изобретать» каждый винт и гайку, каждый узел и деталь? Разумеется, нет. Даже у маленького ребенка хватает фантазии на то, чтобы из одинаковых кубиков складывать совершенно различные сооружения.

В технике самая оригинальная машина может быть создана из типовых, стандартных элементов и узлов. Забвение этого часто приводит к очень неприятным последствиям.

По данным научного автотракторного института (НАТИ) в тракторостроении применяется 180 типоразмеров гаек, 89 типоразмеров гаечных ключей. Чтобы собрать каждый трактор, требуется 16—17 разных ключей. В комбайне СК-4 — девять типоразмеров клиновидных ремней, 12 типов шкивов, 17 видов звездочек. Одних колес в сельскохозяйственных машинах используется 124 типа!

Все это приводит к совершенно неоправданному увеличению номенклатуры запасных частей. Для тракторов она достигает 12 тысяч наименований, а общая номенклатура запасных частей для всех сельскохозяйственных машин превышает 50 тысяч наименований.

Можно представить себе, как это затрудняет эксплуатацию сельскохозяйственной техники, усложняет уход за ней и ее ремонт, снижает ее эксплуатационную надежность!

Положение могло быть совершенно иным, если бы при проектировании новых машин использовались типовые, унифицированные узлы и детали.

Это выгодно экономически, ибо типовые узлы и детали в несколько раз дешевле. Намного сократились бы сроки проектирования, ускорились бы создание новых машин. Повысилась бы надежность и долговечность проектируемых машин — ведь унифицированные узлы и детали изготавливаются на специализированных заводах,

они уже испытаны на других конструкциях, их надежность проверена.

Наконец, использование унифицированных узлов и деталей делает легкой их замену и, следовательно, облегчает эксплуатацию и ремонт.

Именно поэтому наиболее опытные и дальновидные конструкторы стремятся совместить оригинальность конструкции проектируемой машины с максимальным использованием в ней унифицированных узлов и деталей. А возможности здесь очень большие.

На Горьковском станкостроительном заводе, выпускающем новые консольно-фрезерные станки серии «М», доля унифицированных деталей составляет 98%, а количество нормализованных узлов — 50%. Это позволяет заводу одновременно выпускать 11 моделей станков.

На Московском автозаводе имени Лихачева унифицированы многие детали автомобилей разных марок. Количество унифицированных нормалей в новых грузовых машинах достигает 85%, а в легковых автомобилях и автобусах — 70—80%. Это позволило повысить надежность выпускаемых машин.

На Московском заводе малолитражных автомобилей степень унификации деталей и узлов колеблется от 80 до 96%.

Широкое применение унифицированных, стандартных узлов и деталей должно стать одним из важнейших показателей, характеризующих качество и надежность каждой машины, ее технический уровень.

## **Равнопрочность и кратные сроки службы**

Одна из важных проблем, которой не всегда уделяется должное внимание при проектировании,— обеспечение равнопрочности или кратных сроков службы узлов и деталей машин.

Казалось бы, само собой очевидно: чем дольше служат используемые в машине детали, тем надежнее и долговечнее, при прочих равных условиях, и машина в целом. Однако дело обстоит сложнее. Очень важно, чтобы все используемые в машине узлы и детали имели не только большие, но и по возможности равные сроки службы.

Допустим, двум конструкторам поручено спроектировать аналогичные образцы машин. Чтобы обеспечить возможно более надежную и долговечную работу проектируемой машины, первый конструктор стремился, чтобы срок службы всех ее деталей был более 1000 часов. И вот спроектирована машина, детали которой служат от 1000 до 5000 часов: одни — 1000 часов, другие — 1100, третьи — 1200 и т. д.

Что получилось бы при эксплуатации такой машины?

Первую тысячу часов машина проработает безотказно (будем

считать, что приработка машины была произведена до начала ее эксплуатации и что интенсивность внезапных отказов используемых в ней деталей так мала, что за этот период таких отказов не произойдет). Затем, через каждые 100 часов (в среднем) машина будет выходить из строя из-за износа очередной группы деталей или ее придется останавливать для профилактической замены близких к износу деталей.

Таким образом, хотя срок службы используемых в машине деталей — не менее 1000 часов, фактическая продолжительность безотказной работы машины или ее работы от одного профилактического ремонта до другого будет в среднем не более 100 часов.

Второй конструктор поступил иначе. Он отобрал для использования в машине детали, равные по сроку службы нижнему пределу деталей первой машины, то есть 1000 часам, но срок службы всех деталей был одинаков.

Выгадал или прогадал второй конструктор? Очевидно, первую тысячу часов машина второго конструктора проработает так же безотказно, как и машина первого. По истечении этого срока нужно будет либо одновременно заменить все детали, после чего машина вновь безотказно проработает 1000 часов, либо, если такой ремонт и дальнейшая эксплуатация машины экономически невыгодны, заменить машину новой. При многократной замене деталей срок безотказной работы второй машины, или ее работы от одного ремонта до другого, будет составлять в среднем 1000 часов.

Таким образом, коэффициент технического использования второй машины, а следовательно, и ее надежность в работе будут выше, чем у первой машины.

Конечно, это слишком упрощенный пример. Любой расчетный срок службы детали является лишь средним сроком, практический же срок службы может быть несколько меньше или больше среднего, о чем мы уже говорили. Но, несмотря на всю условность этого примера, он все же дает наглядное представление о том большом значении, которое может иметь для надежности любой машины, аппарата, прибора равнопрочность используемых в них узлов и деталей, одинаковые или близкие сроки их службы.

Между тем во многих машинах разница в сроках службы деталей бывает очень большой. Например, в автоматическом ткацком станке АТ-175Ш рама работает без смены примерно 20 лет, а боевой мысок — всего 2 месяца. У трактора МТЗ — 39 групп деталей и узлов с разной степенью износа.

Разница в сроках службы деталей сопровождается понижением долговечности соответствующих сочленений и узлов. Например, поршни двигателей Д-38 имеют меньшую износостойкость, чем поршневые пальцы и втулки верхних головок шатунов. Однако заме-

на поршней сопровождается заменой и поршневых пальцев и втулок верхних головок шатунов. Так растет цепочка заменяемых деталей. Можно было бы привести много примеров, как замена непрочных деталей сопровождается заменой еще мало изношенных, но связанных с ними. В результате часто 60—80% деталей, заменяемых при ремонте двигателей тракторов, автомобилей и многих других машин, имеют износ в пределах 20—30% от нормального, т. е. ресурс этих деталей используется всего на 20—30%.

Беспорядочный разброс действительных сроков службы деталей приводит к необходимости назначить крайне малые сроки между плановыми профилактическими осмотрами и ремонтами машин.

Поэтому одна из очень важных задач проектирования — определение и обоснование оптимальных сроков службы узлов и деталей с тем, чтобы максимально сократить неоправданный разброс этих сроков.

Всегда ли можно и нужно стремиться к полной равнопрочности всех узлов и деталей? Нет, не обязательно. Скажем, ковш экскаватора должен быть очень прочным, ему приходится вгрызаться в разные породы. Но нужно ли делать такими же прочными все узлы и детали экскаваторов? Обеспечение полной равнопрочности всех деталей не всегда выгодно экономически и часто недостижимо технически.

Часто бывает целесообразнее подобрать узлы и детали, близкие по срокам службы, разбив эти сроки на несколько диапазонов, кратных друг другу. Покажем на примере, как это может выглядеть практически.

На основе изучения физического и морального износа аналогичных машин, условий их эксплуатации, современного уровня техники, а также качества используемых узлов и деталей определяют общий оптимальный срок службы машины. Допустим, что общий срок службы машины предварительно определен в 60 тысяч часов. Затем тщательно изучают условия работы каждого узла и детали в отдельности, учитывают все возможные виды и причины их износа — механический, электрический, термический, коррозионный, усталость металла.

На основе такого анализа устанавливают технологически достижимый срок службы деталей, работающих в наиболее тяжелых условиях. Допустим, этот срок будет равен 10 тысячам часов. Затем, исходя из этих данных, все узлы и детали группируют по срокам, кратным наименьшему. Опыт показывает, что, в целях повышения надежности и экономичности машин, целесообразно, чтобы число различных сроков службы не превышало пяти-шести. В нашем случае кратными сроками могут быть 10, 20, 30, 40, 50 и 60 тысяч часов.

Что же будет происходить при работе такой машины? Первые 10 тысяч часов она проработает исправно и безотказно, не требуя ремонта. Затем выйдут из строя или потребуют профилактической замены наиболее слабые детали — детали первой группы. После их смены машина вновь проработает безотказно до 20 тысяч часов. Тогда надо будет заменить детали второй группы и во второй раз — детали первой группы. Так через каждые 10 тысяч часов будет происходить очередная замена. Срок безотказной работы машины от одного ремонта до другого будет 10 000 часов (здесь, как и в первом примере, мы говорим только об износных отказах).

Таково значение равнопрочности или кратности сроков службы деталей и узлов машин при их проектировании.

Для повышения надежности наименее прочных деталей и сближения сроков их службы со сроками службы других деталей с успехом применяются различные методы упрочняющей технологии.

### **Облегчение режимов, снижение нагрузок**

Какой бы надежной ни была деталь, она сможет безотказно проработать в течение заданного срока лишь при условии, что будет использоваться в нормальном, предусмотренном для нее режиме. Интенсивность отказов во многом зависит от условий работы деталей, от действующих на них нагрузок как электрических, так и механических. С уменьшением этих нагрузок интенсивность отказов падает. Так, если конденсатор работает при напряжении, равном лишь половине номинального, интенсивность его отказов падает до  $1/30$  ее значения при номинальном напряжении.

Облегчение режимов работы деталей устройств и систем, снижение их электрических и механических нагрузок приводит не только к уменьшению их внезапных отказов, но и к увеличению продолжительности их срока службы вследствие более позднего наступления износных отказов. В результате, период нормальной эксплуатации таких устройств и систем удлинится.

Поэтому конструктор должен принять меры к уменьшению нагрузок на детали и в первую очередь на наиболее ответственные из них. А для этого надо знать, с какими нагрузками придется иметь дело, или, пользуясь терминологией военных, знать противника, с которым придется бороться деталям машины.

Нагрузки, действующие на узлы и детали, можно разделить на две группы: к первой группе относятся нагрузки, вызываемые влиянием внешней среды и воздействующие на детали независимо от того, работает ли устройство или находится в нерабочем состоянии.



К таким воздействиям относятся влажность, атмосферное давление, температура окружающей среды, радиация и т. д.

Эти нагрузки не вызывают обычно внезапных отказов, но при продолжительном воздействии могут уменьшить прочность деталей. Исключить такие воздействия конструктор в большинстве случаев не может, однако учитывать их влияние при проектировании изделия и расчете его надежности — обязан.

Вторую группу составляют рабочие нагрузки, появляющиеся только при работе деталей, такие, например, как напряжение, сила тока и выделяющееся в деталях тепло, а также возникающие в самих деталях механические нагрузки. Эти нагрузки приводят обычно к внезапным отказам, способствуют уменьшению прочности деталей, ускоряют их износ. Уменьшение таких нагрузок зависит прежде всего от конструктора. Что же ему надлежит делать? Вновь обращаясь к военному языку, можно сформулировать кратко: прежде всего — произвести разведку.

В первую очередь надо определить нагрузки, которые особенно сильно влияют на интенсивность внезапных отказов. Для электрических и электронных деталей это, как правило, электрические и температурные нагрузки, для других деталей — те физические процессы, на которых основана их работа.

Опыт показывает, что облегчение режимов работы деталей, используемых в радиоэлектронной аппаратуре, снижение их электрических нагрузок, позволяет в несколько раз повысить надежность работы такой аппаратуры.

Надежность работы радиоэлектронной и электротехнической аппаратуры во многом зависит и от ее теплового режима. Перегрев отдельных деталей и узлов изменяет их параметры, ухудшает работу аппаратуры, а иногда и выводит ее из строя. Часто тяжелые тепловые режимы являются результатом недостаточно хорошо продуманной конструкции и монтажа. В некоторых телевизорах чувствительные к перегреву детали и элементы — полупроводниковые приборы, конденсаторы, контурные катушки генераторов — располагаются непосредственно над элементами, выделяющими большое количество тепла — радиолампами, силовыми трансформаторами, сопротивлениями с большой мощностью рассеивания. Если бы конструктор расположил чувствительные к высокой температуре детали как можно дальше от источников, излучающих тепло, это улучшило бы работу телевизора. Облегчение теплового режима аппаратуры на 20% позволяет в 2—2,5 раза повысить ее безотказность и надежность.

Облегчение режимов работы в первую очередь наиболее ответственных узлов и деталей имеет большое значение и для механических систем и устройств. Скорость изнашивания узлов и дета-

лей станка в большинстве случаев пропорциональна действующей на них нагрузке. Чем меньше удельное давление, т. е. нагрузка, приходящаяся на единицу площади, тем меньше, при прочих равных условиях, и износ.

Усилия, действующие на механизм, часто бывают заданы, и поэтому изменить их нельзя. Тогда для уменьшения удельного давления в наиболее ответственных сопряжениях увеличивают площадь контакта. Например, чтобы повысить износостойкость направляющих прямолинейного движения в столах и суппортах станка, их площадь увеличивают так, чтобы удельное давление не превышало определенных значений, хотя прочность материала, из которого изготавливаются направляющие, позволяет делать их значительно меньшими.

Существует и другой путь увеличения сроков службы наиболее ответственных механизмов. Приходящиеся на них усилия переносят на менее ответственные элементы и детали. Так, в токарно-винторезных станках ходовой винт при обточке не сообщает движения подачи суппорту. Передача движения суппорта при обточке передана на ходовой валик. Это вызывает усложнение конструкции, но зато предохраняет винт от чрезмерных нагрузок и повышает срок его службы.

Эти примеры показывают, что в распоряжении конструктора много возможностей для того, чтобы облегчить режимы и уменьшить нагрузки на узлы и детали проектируемого устройства и тем самым добиться более высокого уровня его надежности.

## **Что может дать резервирование?**

В практике проектирования, особенно при создании сложных и ответственных технических систем, могут встретиться случаи, когда обеспечить тот высокий уровень надежности, который нужен, обычными средствами не удастся. Конструктор отобрал для использования в проектируемой системе самые лучшие из имеющихся в производстве и разработке элементы, отличающиеся наименьшей интенсивностью отказов, тщательно рассчитал и всемерно облегчил режимы работы этих элементов, уменьшил их нагрузки, и все же общая надежность системы, вероятность ее безотказной работы оказывается ниже заданной.

Что остается делать конструктору? Значит ли это, что он должен признать себя побежденным? Нет, в его распоряжении остается еще одно, очень важное средство — резервирование.

Сущность резервирования заключается в том, что в систему вводятся добавочные (дублирующие) элементы, включаемые параллельно основным.

Почему резервирование обеспечивает повышение надежности системы и каково может быть это повышение?

Допустим, что какой-либо простой прибор состоит из двух элементов А и Б, обладающих одинаковой вероятностью безотказной работы 0,9.

При последовательном соединении элементов общая надежность прибора, как мы уже раньше говорили, будет характеризоваться произведением показателей вероятности безотказной работы обоих элементов:  $P_{\text{посл}} = P_A \cdot P_B = 0,9 \cdot 0,9 = 0,81$ .

**Общая надежность системы при последовательном соединении элементов всегда ниже надежности самого слабого элемента.**

Какова же будет надежность прибора при параллельном соединении элементов, при дублировании основного элемента А резервным элементом Б?

Надежность работы двух параллельно включенных элементов, т. е. вероятность того, что хотя бы один из них будет работать, равна сумме вероятностей трех возможных благоприятных исходов:

- 1) ни элемент А, ни элемент Б не выйдут из строя;
- 2) элемент А выйдет из строя, но элемент Б будет работать;
- 3) элемент Б выйдет из строя, но элемент А будет работать.

Математически это выражается следующим образом:

$$P_{AB} = P_A \cdot P_B + P_B (1 - P_A) + P_A (1 - P_B).$$

В нашем случае:

$$P_{AB} = 0,9 \cdot 0,9 + 0,9(1 - 0,9) + 0,9(1 - 0,9) = 0,99.$$

**Следовательно, при параллельном соединении общая надежность системы выше надежности самого лучшего элемента.** В этом принципиальное и очень важное отличие метода резервирования от всех других способов повышения надежности.

В нашем примере надежность прибора, состоящего всего из двух параллельно включенных элементов, оказалась на 10% выше надежности каждого элемента в отдельности и более чем на 20% выше надежности прибора при последовательном соединении элементов.

Существуют два основных метода резервирования: общее, т. е. резервирование устройства и в целом, и раздельное, т. е. резервирование по элементам и узлам.

Анализ показывает, что при одном и том же количестве резервных элементов раздельное, поэлементное резервирование обеспечивает более высокую надежность, чем общее.

В зависимости от характера и особенностей различных систем и устройств применяются два способа включения резервных элемен-

тов и цепей: постоянное, на все время эксплуатации, и замещение отказавших элементов.

Основное достоинство постоянного включения — его простота: не требуется никаких переключающих и сигнальных устройств. Постоянное включение резервных элементов целесообразно при резервировании отдельных каскадов, небольших блоков и т. п.

При включении резерва способом замещения один резервный элемент можно использовать на несколько рабочих элементов. Режим работы резервных элементов остается постоянным, и поэтому их включение не требует дополнительной регулировки. Кроме того, надежность резервных элементов сохраняется на более длительное время, так как до момента включения они находятся в нерабочем состоянии. Способ замещения целесообразнее использовать в сложных системах, от которых требуется высокая надежность работы в течение длительного времени.

Раздельное резервирование с замещением отказавших элементов наиболее эффективно. Исследования показывают, что с помощью резервирования можно добиться повышения надежности систем в несколько раз.

Резервирование применяется довольно часто. В той или иной форме оно используется не только в радиоэлектронной технике, но и в механических системах и устройствах, на транспорте.

Так, мы знаем, что на самолетах устанавливают несколько двигателей. Зачем? Только для увеличения мощности? Нет, это тоже резервирование. Если один двигатель выйдет из строя, полет все равно может продолжаться. Установка на электростанциях дополнительных, резервных генераторов — обычный способ повышения надежности их работы. На узловых железнодорожных станциях постоянно находятся резервные электровозы.

Однако нужно иметь в виду, что резервирование усложняет технические системы и устройства, удорожает их обслуживание, содержание и ремонт и поэтому не всегда экономически выгодно. Неприменимо оно и тогда, когда основными требованиями к проектируемому устройству являются его минимальные размеры, вес и потребляемая мощность.

Поэтому использовать методы резервирования целесообразно лишь после того, как исчерпаны все остальные, более простые способы повышения надежности.

## **О чем не подумал конструктор...**

Под таким заголовком в газете «Правда» 27 октября 1965 г. было опубликовано письмо электромонтера завода строительных машин В. Мартянова. О чем он рассказал?

На заводе остановились два станка — «ДИП-300» и «ІП365». И в том и другом случае причины остановки станков примерно одинаковы — перестало работать их «сердце» — главный двигатель. Одинаковы и способы их «лечения»: для этого надо вытащить ротор из корпуса мотора и устранить неисправность.

Но все дело в том, где это сердце расположено. У станка «ДИП-300» двигатель находится снаружи. Совсем иначе обстоит дело со станком «ІП365». Для того чтобы устранить неисправность, нужно вытащить наружу весь двигатель весом 138 килограммов, а расположен он в металлической утробе станка. Чтобы его извлечь, надо снять ремни, снять шкив с вала ротора, выполнить и другие трудоемкие операции.

Для устранения даже самой незначительной неисправности в этом станке приходится затрачивать несколько часов, тогда как аналогичную неисправность в станке «ДИП-300» удастся устранить за несколько минут.

Чтобы устранить неисправность в токарно-винторезном станке «163» Тбилисского станкостроительного завода, требуется длительная возня с проводами, с бронешлангом, который прикреплен к распределительной коробке с тыльной стороны, что очень затрудняет ремонт.

На токарно-револьверном станке модели «1336» мотор расположен снаружи, но пусковая аппаратура в самом низу, в станине. Подгорел, допустим, контакт у пускателей — устранить эту неисправность можно только лежа на боку.

Это серьезные недостатки станков. Ведь даже самый безотказный и долговечный из них рано или поздно придется ремонтировать, а ремонтпригодность машины закладывается при ее проектировании. Поэтому конструктор любого станка, аппарата, прибора обязательно должен подумать об удобстве их ремонта, о том, чтобы всемерно облегчить сборку и разборку основных узлов и агрегатов и доступ к часто сменяемым деталям, чтобы ремонт требовал как можно меньше времени, сил и средств.

Нередко бывает и так, что обнаружить повреждение и найти его причины гораздо труднее, чем устранить. Поэтому очень важно при выборе конструкции и схемы машины предусмотреть в ней специальные устройства, автоматически сигнализирующие о неисправностях и способствующие их обнаружению.

### **Опытный образец сделан, но...**

Наконец все трудности, казалось бы, преодолены, все барьеры остались позади, опытный образец машины изготовлен. Заканчивается ли на этом миссия конструктора? Еще нет.

Как бы добросовестно ни велось проектирование, как бы тщательно ни был произведен расчет надежности изделия, расчетные данные могут значительно отличаться от фактической надежности изготовленного образца.

При проектировании конструктор исходит из того, что прочность используемых материалов точно соответствует заданной, смазка всех трущихся частей эффективна, уплотнения герметичны и т. д. На деле же механические свойства материалов могут оказаться несколько иными, чем принято в расчетах, смазка не всегда равномерна, любые уплотнения в той или иной степени пропускают пыль и влагу.

В результате действительная надежность образца часто оказывается ниже расчетной. Обнаружить это можно только при испытаниях, которые являются, как мы уже говорили в начале этой беседы, третьим, обязательным этапом проверки и контроля надежности проектируемого образца.

**Тщательные всесторонние испытания изготовленного образца и его экспериментальная доводка по результатам этих испытаний — это один из важнейших и наиболее ответственных этапов проектирования.**

Между тем этот этап часто вовсе не планируется, и на него не остается времени. Некоторые конструкторские бюро и предприятия проводят испытания новых образцов машин, аппаратов, приборов поверхностно, формально, считая, что наиболее полно все недостатки изделий все равно могут быть выявлены лишь в процессе их длительной эксплуатации у потребителя. Проверке подвергаются лишь те свойства, которые могут быть выявлены в течение короткого времени. Испытания, позволяющие оценить действительную надежность и долговечность опытного образца, часто вообще не проводятся.

Такое положение закреплено даже в некоторых ГОСТах. Например, по ГОСТу 7057—54 образец трактора при эксплуатационных испытаниях должен проработать гарантийный срок — две тысячи часов, после чего можно запускать его в массовое производство. Между тем, действительная долговечность трактора составляет обычно 18—20 тысяч часов. Значит, все недостатки могут обнаружиться потом, на полях колхозов и совхозов.

При проведении испытаний свеклоуборочного комбайна СКД-2, разработанного специальным конструкторским бюро Днепропетровского завода сельхозмашин, он убрал сахарную свеклу всего с полутора гектаров. Естественно, оценить надежность и долговечность нового образца машины при таком объеме испытаний невозможно.

Важен не только срок испытаний, но и количество испытываемых образцов. Так, на заключительные испытания тракторов Т-75 Харьковского завода было представлено всего два образца. Испытания колесных тягачей Т-125 проводились всего на трех образцах. На двух-трех образцах испытывались и многие другие машины. Ясно, что результаты таких испытаний не отражают действительного положения.

Из-за недостаточного объема испытаний на заводе и плохо организованной, поспешной доработки опытных образцов на государственные испытания нередко посылают конструктивно недоработанные образцы. В ходе их испытаний приходится изменять конструкцию многих узлов и деталей. Часто государственные комиссии вынуждены браковать или возвращать на доработку опытно-промышленные образцы машин.

Так, государственными комиссиями не были приняты образцы автобуса ПАЗ-672 Павловского автобусного завода, токарно-винторезного станка Б61М Ереванского станкостроительного завода.

Еще хуже, когда, несмотря на явную недоработку в процессе проектирования, образец все же передается в серийное производство. Расплачиваться за это приходится потребителю.

Тихорецкий машиностроительный завод освоил серийный выпуск снегоуборочных машин СМ-2. По своим техническим показателям они намного превосходили старые машины ЦУМЗ. И вот на станцию Свердловск-Сортировочная прибыла новая машина. При первом же выезде отказал питатель, так как воздушные отверстия закрылись манжетами. Из-за несоответствия плечевых рычагов с клапаном вышло из строя блокирующее устройство питателя и ленточного транспортера. Вследствие непригодности теплового реле магнитный пускатель транспортера бездействовал. Оказалась неисправной телефонная и звуковая связь. Бригаде путейцев, возглавляемой опытным механиком, пришлось затратить много усилий, чтобы заставить машину работать. А все дело в том, что конструкция не была доведена.

Есть еще работники, пытающиеся «научно» обосновать подобную практику экспериментирования на потребителе. Одни заявляют, что никакие испытания на заводе не могут дать таких полных и исчерпывающих данных, как эксплуатация изделия у потребителя. Другие утверждают, что испытания технических изделий на надежность и долговечность на заводе вообще невозможны, так как они требуют многих лет. Третьи считают, что для проведения испытаний опытного образца на надежность и долговечность в заводских условиях нужны большие дополнительные затраты, так как это связано с созданием экспериментальных цехов и оборудованием специальных стендов.

На первый взгляд может показаться, что все они правы. А на деле такие работники просто хотят переложить ответственность за доработку образца на производственников, на потребителей — словом, на кого угодно, лишь бы снять ее с себя.

Руководители некоторых заводов пытаются даже узаконить недоброкачественную сборку и регулировку выпускаемых ими изделий. Они указывают в своих инструкциях и руководствах на множество доделочных, контрольных и регулировочных операций, которые обязан выполнить потребитель, получив новую машину. Завод «Ростсельмаш», например, рекомендует в своем руководстве обкатать комбайн СК-4 перед эксплуатацией в течение 70 часов. А почему это должен делать потребитель?

Если есть хорошо оборудованные испытательные станции и стенды, то конструкторские бюро и заводы могут проводить любые испытания, не перекладывая их на потребителей.

Для оценки надежности и долговечности машин на многих заводах успешно применяются так называемые ресурсные испытания. Это испытания на длительную работу отдельных агрегатов, узлов или машин в целом в условиях, близких к действительности. Они включают в себя испытания отдельных элементов, агрегатов и узлов в лабораторных условиях, комплексные испытания образца машины и его крупных узлов на стенде и, наконец, эксплуатационные испытания образцов.

Лабораторные испытания могут проводиться в усложненных условиях, например при предельно высоких и низких температурах, повышенной влажности, загрязнении окружающей среды, сильных вибрациях. Они позволяют выявить и устранить конструктивные недостатки элементов и узлов, но по результатам лабораторных испытаний еще нельзя оценить надежность машины в целом.

На стенде создаются условия, близкие к реальным условиям. По результатам стендовых испытаний можно наметить пути конструктивной доводки образца.

Эксплуатационные испытания образца, проводящиеся в реальных условиях его работы, позволяют оценить надежность новой машины до начала серийного выпуска.

Ну, а как быть со временем? Ведь с ним нельзя не считаться. Существуют методы ускоренных испытаний машин, аппаратов, станков, позволяющие оценить их надежность и долговечность за более короткое время, чем при их эксплуатации.

На Московском заводе электровакуумных приборов созданы стенды с особым, форсированным режимом. Здесь катушки зажигания за 17 дней «стареют» на два с половиной года. На станкостроительном заводе имени Орджоникидзе введена в эксплуатацию печь искусственного старения.



Еще в 1961 году на полигоне Одесской испытательной станции НАТИ были организованы ускоренные испытания прочности и надежности несущих систем и других узлов гусеничных тракторов. Испытания позволили за несколько недель обнаружить такие дефекты машин, для выявления которых обычно требовалось от одного года до четырех лет.

Итак, испытания можно ускорить. Но есть и другие трудности. Машина, испытываемая на надежность, стареет и разрушается. С этим еще можно мириться в случае серийного производства, когда количество испытываемых машин невелико по сравнению со всей серией. Однако при мелкосерийном производстве или когда вопрос идет об испытаниях единичных опытных образцов такое положение становится уже недопустимым. На помощь можно призвать современную вычислительную технику и промоделировать на электронных машинах процесс эксплуатации, чтобы получить ответ, соответствует ли конструкция предъявляемым к ней требованиям.

Моделирование вместо натурального эксперимента находит все более широкое применение потому, что последний более дорог, трудоемок и продолжителен. Моделирование же дает возможность провести испытания в течение очень короткого времени, многократно повторяя и видоизменяя их.

Ошибочно и утверждение, что испытания опытного образца на надежность и долговечность на заводе невыгодны государству, так как якобы влекут за собой большие дополнительные расходы. Достаточно привести один пример.

Невский машиностроительный завод, не проверив головной образец, выпустил в свое время 36 нагнетателей с газотурбинным приводом. 33 из них были отправлены на компрессорные станции газопровода Ставрополь—Москва. Но там, прежде чем пустить их в эксплуатацию, пришлось устранить множество конструктивных недоделок. Часть нагнетателей была возвращена на завод для доработки. Общие убытки в 45 раз превысили стоимость стенда, который нужен для проведения испытания нагнетателей на заводе.

**Этап проектирования может считаться законченным только после проведения всесторонних испытаний опытного образца и окончания всех доводочных работ. Порядок и объем испытаний опытных образцов должен быть установлен государственным стандартом.**

Миновало то время, когда многие образцы шли в производство прямо от чертежной доски. Техника непрерывно усложняется. Сейчас уже на стадии проектирования необходима экспериментальная проверка различных вариантов решений, возможных путей выполнения заданных требований, в том числе и требований к надежности

и долговечности проектируемого устройства. Главный конструктор Горьковского станкостроительного завода Игнатов писал в своей статье, что механизм включения вертикальных и поперечных подач одного из станков удался им лишь с четырнадцатой попытки, что пришлось испытать четыре конструкции вибрационного транспортера для отвода стружки, прежде чем была обеспечена его требуемая надежность.

Конструктору сейчас мало карандаша и чертежной доски. Ему необходимы хорошо оборудованные лаборатории для проведения на стадии проектирования всех требуемых испытаний и экспериментальных работ.

Все ли конструкторские бюро обеспечены необходимой им экспериментальной базой? К сожалению, далеко не все. Именно недостаточная мощность экспериментальных цехов и лабораторий, слабая их оснащенность оборудованием, отсутствие полигонов затягивают доводочные работы при выпуске новых моделей многих машин.

К чему приводит отсутствие экспериментальной базы, можно показать на примере. Допустим, необходимо испытать новый образец сеялки. Испытания продолжаются девять дней, за этот срок выявляются конструктивные недостатки. Но, после того как эти недостатки будут устранены, испытать исправленный образец сеялки можно будет только через год, следующей весной, так как из-за отсутствия необходимых полигонов такие испытания проводят сейчас только в естественных условиях. И в результате получается, что подчас новую машину дольше испытывают, чем разрабатывают.

Иначе обстоит дело там, где заботятся о создании экспериментальной базы. На Московском заводе автотракторного электрооборудования, в электротехнической лаборатории отдела главного конструктора есть все условия для тщательной проверки надежности и долговечности аппаратуры, изготавливаемой заводом. На стендах лаборатории воссозданы почти все виды климата: от высокогорного до подводного, от северного до тропического. Катушки зажигания, распределители, конденсаторы испытывают при длительной тряске, почти как в жизни.

В конструкторско-экспериментальном отделе Горьковского автозавода несколько лет назад была создана лаборатория электронных измерений. Она проводит исследования, позволяющие устранить множество дефектов.

Только при наличии хорошо оснащенной экспериментальной базы конструктор сможет обеспечить требуемый уровень надежности проектируемой машины, аппарата, прибора и подготовить их для передачи в серийное производство.

## **Не забывать об экономической эффективности**

И, наконец, последнее (по счету, а не по значению), о чем следует сказать, рассматривая обязанности конструктора. Обеспечение высокой надежности проектируемой машины может увеличить расходы на ее изготовление. Поэтому, создавая новый образец машины, конструктор обязан сопоставить расходы, связанные с повышением ее надежности, и тот экономический эффект, который можно в результате этого получить.

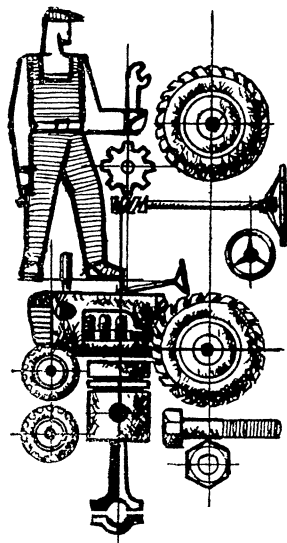
Очень часто этого не делают или же учитывают только расходы на изготовление машины, не принимая во внимание расходы на ее эксплуатацию.

Такие расчеты нельзя признать правильными. Оценка экономической эффективности машины только по производственным затратам, без учета стоимости ее последующей эксплуатации, часто побуждает выбирать наиболее дешевые технологические процессы, в ущерб надежности и долговечности машины. Достижимая при этом экономия нередко оказывается мнимой, так как дополнительные расходы — на ремонт, на запчасти — во много раз перекрывают выгоды, полученные при изготовлении машин.

Оценка экономической эффективности каждой проектируемой машины должна учитывать не только издержки при ее производстве, но и расходы в течение всего срока ее эксплуатации.

Помощь конструктора в решении этой важной задачи очень велика. Конечно, при проектировании нового образца машины в распоряжении ее конструктора не может быть исчерпывающих данных о расходах на ее эксплуатацию. Однако, используя данные предшествующей модели или аналогичных образцов машин, можно ориентировочно рассчитать стоимость эксплуатации разрабатываемого образца и влияние повышения его надежности и долговечности на уменьшение этих расходов.





## ЭСТАФЕТУ ПРИНИМАЮТ ПРОИЗВОДСТВЕННИКИ

### **И хороший образец можно испортить**

Наконец, проектирование закончено. Новый образец машины, аппарата, прибора после тщательных и всесторонних испытаний и необходимой доводки поступает в серийное производство. Эстафетную палочку от конструктора принимают технологи, мастера, рабочие, которым предстоит изготовить образец в сотнях, тысячах и десятках тысяч экземпляров. Начинается второй этап, приближающий изделие к его потребителю.

Мы уже говорили в прошлых беседах, что в изделии могут быть конструктивные и производственные дефекты. Для потребителя характер дефектов безразличен. Ему важно лишь, чтобы приобретенный им телевизор, стиральная машина или любое другое изделие работали надежно и безотказно. Однако для нас с вами при рассмотрении причин низкого качества технических изделий и путей повышения их надежности этот вопрос имеет большое значение.

Конструктивными мы обычно называем те дефекты изделия, которые являются результатом ошибок или небрежностей, допущенных при его проектировании. Как свести к минимуму такие дефекты, мы уже говорили в предыдущей беседе.

Но допустим, что при проектировании было сделано все, чтобы обеспечить высокую надежность изделия. Испытания опытного образца показали, что он соответствует заданным требованиям. Зна-

чит ли это, что, приобретая серийно изготовленное по данному образцу изделие, потребитель может быть уверен в высокой надежности его работы? Пока нет. Оказывается, что и изготовляемое по хорошему образцу изделие можно так испортить, что оно будет не похоже на оригинал. Если серийное производство организовано плохо, в готовом изделии может оказаться столько различных дефектов, что высокая надежность, заложенная при его проектировании, будет сведена на нет.

Давайте на время оставим технику и побываем в Доме моделей, где разрабатываются новые фасоны мужской и женской одежды. Вот этот костюм, пожалуй, удовлетворяет самому изысканному вкусу: он красив, элегантен. Через некоторое время костюмы этого фасона, сшитые на швейной фабрике, поступают в продажу. Купив костюм, вы обнаруживаете, что один рукав у пиджака короче другого, полы косят, ширина брюк могла бы привести в восторг модника тридцатых годов.

Ни одного из этих дефектов, естественно, не было в модели костюма. Все они — результат плохо налаженного швейного производства.

Нечто подобное этому бывает и с техническими изделиями. Много жалоб поступало на низкую надежность работы швейных машин Подольского механического завода имени Калинина. Машины, как правило, были небрежно собраны, многие части, даже трущиеся, не отшлифованы, плохо подогнаны. Все это утяжеляло ход машины, делало неровным шов.

Такие дефекты, являющиеся результатом тех или иных недостатков серийного производства изделий, принято называть производственными.

Производственные дефекты часто являются одной из основных причин ненадежной работы технических устройств и изделий. Так, около 30% неисправностей изделий машиностроительной, приборостроительной и радиоэлектронной промышленности — результат различных производственных дефектов.

Что же нужно для того, чтобы закрепить и обеспечить в серийном производстве высокую надежность, заложенную в процессе проектирования образца? Ответим кратко — нужна высокая культура производства.

Культура производства — понятие широкое. Она подразумевает не только соблюдение чистоты и порядка, не только чистый воздух, тишину, здоровую и приятную окраску помещений и оборудования. В понятие культуры производства входит также и степень совершенства технологического процесса, и уровень механизации и автоматизации, и ритмичность работы предприятия, и эффективность системы технического контроля, и многое другое.

## **Передовая технология— залог высокого качества**

Одной из основных причин недостаточной надежности и долговечности серийно выпускаемых изделий часто является низкий уровень технологии их производства. Поэтому постоянное совершенствование технологических процессов, внедрение современной, прогрессивной технологии, строгое соблюдение технологической дисциплины играют очень важную роль в борьбе за повышение качества выпускаемой продукции.

В Директивах XXIII съезда КПСС подчеркивается необходимость «разрабатывать и внедрять высокоэффективные технологические процессы — физико-химические, электрофизические, электронные и другие».

Любая машина, станок, агрегат состоят из большого количества самых различных, больших или маленьких, простых или сложных деталей. Каждую из них можно изготовить различными способами: выточить на токарном станке, отковать в кузнице, изготовить методом штамповки, отлить в литейном цехе. Можно, наконец, изготовить ту же деталь и вручную на обычных слесарных тисках с помощью напильника.

Выбор наиболее эффективного способа изготовления деталей, их сборки, наиболее совершенного технологического процесса имеет огромное значение. Нужно выбирать такие технологические процессы, так использовать оборудование, чтобы возможность появления брака была полностью исключена, чтобы надежность и долговечность выпускаемых изделий была достаточно высока.

Наши ученые и инженеры непрерывно работают над совершенствованием технологии. Создаются новые направления, например электронная технология обработки металлов, основанная на использовании электронных и ионных пучков, электрических и магнитных полей. Уже сейчас электронная технология применяется для высококачественной плавки, очистки отливок и поковок, для напыления металла на неметаллические изделия, для сверхточной обработки материалов и их сварки.

Использование электронного луча открывает новые горизонты техники. Например, фокусируя удельную мощность луча от единиц до миллионов киловатт на квадратный сантиметр, можно получить металл с новыми физическими и механическими свойствами.

Электронный тепловой луч — лазер используется для резания металла, высокоточной обработки отверстий. А наряду с электроникой на смену резцам, сверлам и фрезам приходят ультразвук, электрический разряд, токи высокой частоты и многие другие принципиально новые способы обработки металла.

Широко внедряются точное литье по выплавляемым моделям, холодная и горячая накатка, получение деталей методом выдавливания и другие прогрессивные процессы.

Большую роль для повышения надежности и долговечности выпускаемых изделий может сыграть применение упрочняющих технологических процессов.

Известно, что в процессе эксплуатации различных машин изнашивается главным образом поверхностный слой деталей. Если сравнить, например, вес нового грузового автомобиля грузоподъемностью 3—4 тонны с весом такого же автомобиля, но уже полностью изношенного, подлежащего списанию в лом, разница составит всего 1,5—2 килограмма. Это и есть суммарный вес изношенных слоев деталей. Роликовый подшипник весом 10—14 килограммов в результате износа теряет не более 20—30 граммов. А раз изнашиваются в основном поверхностные слои, то их и надо упрочнять, чтобы создать деталям своего рода «броневую защиту».

Применение новейших методов упрочняющей технологии позволяет значительно повысить усталостную прочность, износостойкость и другие эксплуатационные характеристики деталей. Поверхностная твердость деталей с помощью этих методов может повышаться до 2 тысяч килограммов на квадратный миллиметр.

Методов упрочнения уже создано немало: термические и термохимические методы, механический наклеп и наплавка, напыление деталей металлами и пластмассами, различные способы электролитического покрытия деталей и другие. Наши ученые и инженеры работают над созданием новых методов упрочняющей обработки. О большой эффективности ее может дать представление таблица, взятая нами из интересной книги Г. Яковлева. (Г. Яковлев. Технологические основы надежности и долговечности машин. «Беларусь», Минск, 1964, 336 стр.).

### Повышение долговечности деталей машин дробеструйной обработкой

Наименование деталей	Повышение долговечности (в %)	Наименование деталей	Повышение долговечности (в %)
Рессоры . . . . .	600	Поворотные кулаки . .	350
Спиральные пружины . . . . .	2500	Рулевые штанги . . . .	1600
Шатуны . . . . .	1000	Пальцы гусеничные . .	1000
Полуоси . . . . .	1900	Валы генераторов . .	700
Торсионные валы . .	700	Фрезы . . . . .	100
Зубчатые колеса . .	400	Сварные швы вентилятора . . . . .	200

Значительное повышение надежности и долговечности изделий при применении упрочняющей технологии подтверждается опытом работы многих организаций и промышленных предприятий. Так, в институте «Гипронефть» создана установка для упрочнения поверхности деталей электролизным борированием. В результате износостойкость втулок буровых насосов удалось повысить в 3—5 раз.

На заводе «Красный Аксай» начали выпускать упрочненные самозатачивающиеся культиваторные лапы, наплавленные твердым сплавом при помощи токов высокой частоты. Они могут использоваться в 15—20 раз дольше, чем стандартные лапы.

Естественно поэтому, что различные методы упрочняющей технологии находят все более широкое применение в практике работы передовых предприятий нашей страны. Так, на трех автомобильных заводах — Московском имени Лихачева, Заволжском и Минском и на Ярославском моторном заводе ежегодно подвергаются упрочнению наклепом свыше 90 тысяч деталей. На Уралмашзаводе упрочнению методом холодного пластического деформирования подвергаются более 6 тысяч деталей в год.

Постоянное совершенствование технологии, пересмотр устаревших технологических процессов и замена их новыми, наиболее прогрессивными, отвечающими современному уровню развития науки и техники, — все это важнейшие задачи заводских технологов, принявших эстафету из рук работников проектно-конструкторских организаций. Но было бы неправильно считать, что только от них зависит совершенствование технологии. Очень большую помощь может оказать творческая мысль и большой практический опыт заводских изобретателей, рационализаторов, новаторов производства. Вот два примера.

В Ленинграде на заводе «Электросила» в течение многих лет гибка шин выполнялась вручную, примитивными способами. По предложению комсомольцев эту работу стали выполнять с помощью специальных универсальных приспособлений и модернизированного гидравлического пресса. Качество шин улучшилось.

Старая технология не обеспечивала должной надежности бандажных и центрирующих колец крупных турбогенераторов. На это неоднократно жаловались заказчики. Предложения заводских рационализаторов помогли улучшить технологию, и поток рекламаций резко сократился.

## **Как усовершенствовали гайковерт**

Как бы совершенна ни была технология, сама по себе она еще ничего не решает. Все зависит от людей. Важно не только разработать технологию, но и строго ее соблюдать. Частые нарушения тех-



нологии производства, низкая технологическая дисциплина неизбежно приводят к снижению надежности изделий и сокращению срока их службы.

Между тем отступления от установленной технологии допускаются еще на многих заводах. Так, на заводе «Сибсельмаш» в 1964 году было проверено около 3500 операций, и почти в 600 из них были установлены нарушения технологии.

Нарушения технологии — это плохо. Но еще хуже, когда делают попытки их как-то узаконить. Для этого часто используются так называемые карточки отклонений. На химическом машиностроительном заводе «Комсомолец» в 1963 году было оформлено 1320 таких карточек. На заводе «Кузхиммаш» было выявлено 588 случаев, когда давались разрешения ставить в машины и аппараты детали, не соответствующие техническим условиям.

Иногда причиной нарушения технологии, отступления от чертежей является недостаточная подготовка рабочих, непонимание ими того вреда, который может причинить даже незначительное нарушение технологии.

Так, на заводе «Сибсельмаш» при проверке, проведенной в 1965 году, было обнаружено, что сварщики работают при большей силе тока, чем предусмотрено технологией. По технологии она не должна превышать 300 ампер. Но сварщики, чтобы ускорить сварку, работают при токе в 350—375 ампер. Сварка действительно идет быстрее, но качество шва при этом хуже.

Оказалось, что рабочие даже не знали, что нарушают технологию, некоторые из них просто не умели пользоваться регулятором силы тока. Им никто не объяснил, как это делать, их никто не контролировал. Брак в лучшем случае обнаруживался контролером ОТК, а чаще — механизатором в поле.

К чему приводит самовольное изменение технологии, показывает случай, происшедший несколько лет назад на Московском заводе малолитражных автомобилей.

На станочной линии (теперь ее уже заменили автоматической) попеременно обрабатывались две детали. В конце линии детали свинчивали электрическим гайковертом. Гайки на фланцах деталей располагались очень близко к корпусу, вследствие чего наконечник гайковерта нельзя было надеть на гайку. Приходилось на фрезерном станке вырезать в корпусе две неглубокие лунки, чтобы надеть гайковерт.

Двое рабочих, занятых на этой операции, решили самостоятельно, не посоветовавшись с технологом, упростить ее. Они немного сточили головку гайковерта, так что он стал надеваться без всяких лунок. Правда, надевать гайковерт приходилось чуточку наискось, но гайки он завинчивал, и работа пошла быстрее.

Но вскоре завод стал получать странные рекламации: «Автомобиль не развивает полную скорость». Сначала никто не мог понять, в чем дело. Но когда всесторонне испытали несколько двигателей, то обнаружили, что они не развивают требуемой мощности, так как в цилиндры подсасывается воздух.

Этот воздух проходит именно между теми двумя деталями, которые свинчивают злополучным гайковертом. Оказывается, гайковерт с ослабленным наконечником, криво надетый на гайку, не может завинтить ее так, чтобы сжать между фланцами прокладку и герметизировать стык.

Так, казалось бы, очень незначительное отступление от предусмотренной технологии привело к серьезному нарушению нормальной работы автомобилей.

Поэтому постоянное совершенствование технологии должно сочетаться с заботой о ее неукоснительном соблюдении, о выполнении каждой технологической операции в строгом соответствии с технической документацией. Только при таком условии возможно высокое качество продукции.

И как для водителя правила уличного движения — закон, так и для производства техническая документация — это свод законов, которому должен подчиняться каждый исполнитель.

Это, в свою очередь, предъявляет очень высокие требования к качеству самой документации. Однако на некоторых предприятиях техническая документация не содержится в надлежащем порядке, недостаточно подробно разработана, не все рабочие места обеспечены ею, нет продуманной системы утверждения и внесения изменений в действующие чертежи и технологические процессы. Для соблюдения строгой технологической дисциплины очень важно, чтобы техническая документация всегда содержалась в должном порядке.

## **Автоматика на службе надежности**

Совершенствование технологии производства тесно связано с его механизацией и автоматизацией. Чем меньше доля ручного труда в изготовлении того или иного изделия, чем больше автоматизировано его производство, тем более благоприятны условия для обеспечения его высокой надежности и долговечности.

Не будем далеко ходить за примерами. Качество дома, в котором мы живем, во многом зависит от того, как изготовлены окна, двери, паркет, встроенная мебель.

Раньше на деревообрабатывающих комбинатах все изделия из дерева изготовлялись преимущественно вручную. А рубанок и фуганок — инструменты не ахти какие точные, даже в руках хорошего мастера. И вот недавно на комбинате № 6 вступил в строй новый

экспериментальный цех, оборудованный автоматами и полуавтоматами. Широкое применение автоматике не только повысило производительность труда, что само по себе очень важно при нынешнем объеме и темпах жилищного строительства, но и значительно улучшило качество выпускаемых изделий.

Машины сами стали следить за технологической дисциплиной: они не принимают в обработку доски с изъянами. Так, дефекты в столярных изделиях часто объясняются влажной древесиной. Именно из-за этого окна и двери после непродолжительной эксплуатации коробятся, трескаются. Фуганок и рубанок не были чрезмерно строги к влажной древесине, особенно если этого требовал план. Но попробуйте запустить сырой материал в полуавтоматическую установку, склеивающую детали с помощью токов высокой частоты. Ничего не получится. Она не станет обрабатывать их. Но план все-таки остается. Пришлось оборудовать специальные сушильные камеры, и сейчас влажность обрабатываемой древесины не превышает 9% при допустимой норме 12%.

Механизация и автоматизация вызвали к жизни еще одну важную переменную — сократились допуски. Раньше, когда большую часть столярных изделий изготовляли ручным способом, с допусками в заготовках особенно не считались: «Потом подгоним». Теперь иначе. Если в какой-либо заготовке окажется хоть малейшая неточность, машина ее не принимает. Так применение автоматике неуклонно, шаг за шагом содействовало повышению качества изделий.

Подобные примеры можно найти и в других отраслях промышленности.

Творческая инициатива работников каждого предприятия играет большую роль во внедрении автоматике. Так, на Львовском электроламповом заводе внедрено автоматическое измерение всех электрических параметров выпускаемых электроннолучевых трубок. Автоматизировано поддержание температуры в печах на откачных агрегатах конвейерного типа. Сейчас по уровню автоматизации технологического процесса Львовский завод не имеет себе равных в советской электроввакуумной промышленности. И почти все проектные и монтажные работы выполнены силами коллектива завода, почти все оборудование изготовлено здесь же, на заводе.

Однако это вовсе не значит, что каждое предприятие должно обязательно по-своему решать вопросы автоматизации. Вряд ли, например, можно считать разумным, что различные подшипниковые заводы к автоматизации подходят по-разному: на 4-м Государственном подшипниковом заводе предпочитают строить короткие автоматические линии на базе существующего оборудования, на 8-м ГПЗ — групповые линии, на 1-м ГПЗ перешли на комплексную автоматизацию и строят цехи-автоматы. А какой путь наилучший для

всей отрасли, не определено. Это еще раз подчеркивает правильность и своевременность решений сентябрьского (1965 г.) Пленума ЦК КПСС об отраслевом принципе управления промышленностью.

Автоматизация производства необходима во всех отраслях народного хозяйства. Возможность ее в значительной степени определяется ростом выпуска средств автоматизации, созданием новых современных приборов, основанных на использовании последних достижений науки и техники, особенно радиоэлектроники, радиоактивных излучений, ультразвука, полупроводников.

За последние годы в Советском Союзе создана достаточно мощная приборостроительная промышленность, что способствует широкому применению автоматизации и механизации всех отраслей производства.

## **Штурмовщина—враг качества**

Пожалуй, главное зло, ведущее к браку, к снижению надежности и долговечности выпускаемых изделий,— неритмичность в работе предприятий, всякого рода авралы и штурмы. А они, к сожалению, еще не редки.

На Алтайском тракторном заводе в первой декаде июля 1965 года было выпущено всего лишь 5% тракторов, во второй — 17, а в третьей декаде — 78%. На Барнаульском заводе механических пресов в первой декаде июля было выпущено 7% основного вида продукции, во второй — 11, а остальные 82% — за последние 10 дней.

Как штурмовщина отражается на качестве, нетрудно себе представить. «Беда, коль пироги начнет печи сапожник, а сапоги тачать пирожник», — гласит басня. Ничего путного не выходит, когда счетоводов, делопроизводителей, грузчиков «бросают» на сборку сложных узлов, о которых они не имеют представления. А результаты сказываются потом — в эксплуатации.

В авральной обстановке последних дней месяца порой просто невозможно обеспечить тщательный контроль качества и надежности выпускаемых изделий. И недаром умудренные опытом потребители предпочитают получить продукцию, выпущенную в начале месяца. Тогда и цехи не «гонят план», и контролер может спокойно проверить ее качество.

Чтобы обеспечить высокую надежность и долговечность серийно выпускаемых изделий, необходимо усилить борьбу за ритмичность в работе, создать на каждом предприятии обстановку нетерпимости к авралам и штурмовщине.

Очень эффективное средство в борьбе за ритмичность производства — разработанная на Новочеркасском электровозостроительном заводе система непрерывного оперативно-производствен-

ного планирования. Об этой системе уже достаточно подробно сообщалось в нашей печати. Желающих более глубоко ознакомиться с ней мы отсылаем к очень интересной брошюре автора этой системы Родова (А. Р о д о в, Д. К у т я н с к и й. План, поток, ритм. Ростовское книжное издательство, 1963, 68 стр.).

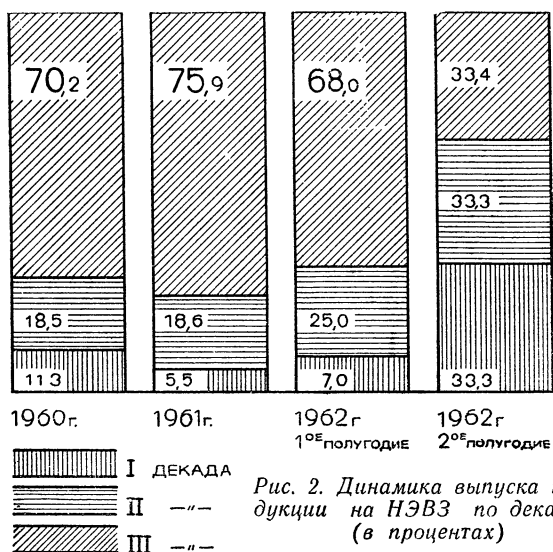


Рис. 2. Динамика выпуска продукции на НЭВЗ по декадам (в процентах)

О высокой эффективности системы можно судить по графику, взятому нами из этой брошюры.

### Входной или выходной контроль?

Мы уже говорили, что ни один завод, выпуская серийно то или иное изделие, не изготавливает сам все используемые в нем материалы и детали. Многие из них он получает от предприятий-смежников. Чем сложнее изделие, чем больше в нем узлов и деталей, тем в большей степени его качество зависит от работы смежников, поставляющих исходное сырье, материалы и полуфабрикаты.

Естественно, каждое предприятие заинтересовано в том, чтобы получать от смежных заводов доброкачественные материалы и детали. Однако на деле это далеко не всегда удается.

Горьковский автомобильный завод получал распределители для грузовых автомобилей от Тюменского завода автотракторного электрооборудования. Распределители были крайне низкого качества. В 1964 году только за 2 месяца горьковчане вынуждены были забраковать тысячи полученных из Тюмени распределителей. Недоброкачественные гибкие валы спидометра поступали с Лысковского электротехнического завода и т. д.

Автомобилестроители возвращают часть недоброкачественных изделий, но часть их все же просачивается в производство. А в результате из года в год примерно 30% рекламаций, получаемых ГАЗом, оказывается на совести смежников. Но совесть совестью, а кто должен нести ответственность за эти рекламации и как их избежать?

Чтобы не допустить в производство недоброкачественных материалов и комплектующих изделий, заводы вынуждены организовать у себя так называемый входной контроль. До тех пор, пока качество всех материалов и полуфабрикатов не будет полностью отвечать предъявляемым требованиям, такой контроль необходим, и чем он лучше организован, чем строже проводится, тем надежнее гарантия высокого качества серийно выпускаемых изделий.

Но можно ли признать входной контроль нормальным явлением? Нет, ибо он вызывает огромные непроизводительные расходы. Подшипники, выпускаемые 1-м Государственным подшипниковым заводом, идут более чем на 22 тысячи предприятий. Сколько же требуется сил и средств, чтобы проверить качество получаемых подшипников на каждом из них! Ведь проверка подшипников требует большого количества сложных контрольных операций. Так, при изготовлении подшипника с бочкообразными роликами на 1-м подшипниковом заводе выполняется свыше 300 контрольных операций. Выходит, что для проверки качества и надежности получаемых подшипников на каждом заводе потребовалось бы организовать специальную лабораторию или испытательный стенд.

Но ведь все эти заводы используют в своих изделиях не только подшипники, но и сотни, а иногда и тысячи других деталей, полуфабрикатов и материалов, получаемых от других предприятий. Так, тот же Горьковский автомобильный завод получает от смежных предприятий изделия примерно 12 тысяч наименований. Разве он в состоянии сам тщательно проверить качество всех поступающих со стороны изделий и материалов? Ведь для этого потребовалось бы создать не одну, а много специализированных лабораторий с соответствующим оборудованием, штатами.

Между тем именно так сейчас и пытаются делать. На Горьковском автомобильном заводе из 486 работников центральной заводской лаборатории 403 человека, т. е. 80%, заняты входным контро-

лем. Но ведь далеко не все заводы имеют те же возможности, что и горьковские автомобилестроители.

Не очевидно ли, что экономически гораздо выгоднее и целесообразнее всемерно усиливать выходной контроль как всех материалов, деталей, полуфабрикатов, так и готовых изделий? Ведь если бы, например, усилить выходной контроль на подшипниковых заводах и организовать его так, чтобы все потребители подшипников были абсолютно уверены в их высоком качестве и полном соответствии техническим требованиям, отпала бы нужда во входном контроле.

Следовательно, важнейшая задача в борьбе за высокое качество и надежность выпускаемых изделий — всемерное усиление выходного контроля на всех без исключения заводах.

## **Когда армия контролеров бессильна**

От чего же зависит эффективность выходного (как и входного) контроля качества?

Любое изделие, выпускаемое нашей промышленностью, прежде чем поступить к потребителю, подвергается техническому контролю. Для осуществления контроля качества на предприятиях и в торговой сети страны содержится огромная армия контролеров. И тем не менее к потребителю все же часто поступают изделия низкого качества, ненадежные и недолговечные. Чем это можно объяснить?

Во-первых, ростом сложности выпускаемых технических устройств и изделий. Уже при изготовлении маленькой радиоэлектронной лампы надо произвести свыше 100 контрольных операций. Для создания современных авиационных двигателей некоторых типов необходимо выполнить около 130 тысяч различных операций, из них 50 тысяч — контрольные операции.

Во-вторых, автоматизация производства позволяет наладить крупносерийное, массовое производство многих изделий и деталей. Продукция современных заводов, изготавливающих шарикоподшипники или радиодетали, составляет, например, многие сотни тысяч изделий в сутки, что влечет за собой необходимость огромного числа контрольных операций и усложняет задачи технического контроля. Так, для проверки качества продукции, выпускаемой 1-м Государственным подшипниковым заводом, требуется несколько миллионов визуальных и размерных контрольных операций в сутки.

Между тем большое число контрольных операций и сейчас еще производится вручную. Например, в машиностроении вручную осуществляется более 80% всех контрольных операций. На многих предприятиях и сейчас еще можно наблюдать такую картину: в конце сложной и совершенной автоматической линии, которая, как по

волшебству, превращает грубую заготовку в изящную, сверкающую полированной поверхностью деталь, стоит контролер и измеряет эту деталь чуть ли не на глазок.

А вот другой пример. На Первоуральском новотрубном заводе пущен стан непрерывной прокатки труб. При скорости прокатки 18 метров в секунду стан может изготовить за смену сотни километров труб. Между тем контроль качества проката до сих пор осуществляется невооруженным глазом. Естественно, что при таком положении трудно успеть даже бегло просмотреть все трубы, а обнаружить в них скрытый брак — трещины, волосовины, раковины — практически невозможно.

В результате создается нелепое положение: автоматизация производства позволяет резко увеличить число выпускаемых за одно и то же время деталей и повысить точность их обработки, но все эти преимущества сводятся на нет, потому что технический контроль не обеспечивает необходимой скорости, точности и надежности проверки готовых изделий.

Где же выход? В настоящее время совершенствование технического контроля идет по двум основным направлениям: по пути всемерной механизации и автоматизации контрольных операций и по пути внедрения статистических методов контроля. Применение аппаратов и устройств, которые автоматически контролируют соответствующие показатели качества продукции при ее изготовлении или сортируют готовую продукцию на годную и брак, значительно повышает производительность и точность контроля.

Вот, например, автомат для контроля шариков, созданный институтом ВНИИТ. Раньше эту работу выполняли женщины-контролеры. Они высыпали на стол несколько шариков и просматривали их при свете ярких ламп. Через два-три года у работницы портилось зрение. Да и надежен ли такой контроль? Ведь работница может ошибиться: устанут глаза, и она не заметит маленького пятнышка. А это — явный брак. В автомате работницу заменяет «фотоглаз». Шарик за шариком бегут по желобку, поворачиваясь во все стороны. Отраженный луч попадает в фотоэлемент. Если поверхность блестящая, то все в порядке, можно следовать дальше. Но чуть попадается вмятина, пятнышко, щербинка — интенсивность луча слабеет, и фотоэлемент подает импульс сортирующему механизму. Тот срабатывает, перекрывается защелка, и бракованный шарик падает в другой ящик.

Использование автоматических контрольных устройств особенно эффективно тогда, когда они органически связаны с оборудованием, встраиваются в него, обеспечивая контроль в процессе обработки детали или немедленно после ее окончания. Применение станков, оснащенных автоматическими средствами контроля, позволяет на-



много повысить производительность и эффективность контроля и сократить число контролеров.

Однако на некоторых предприятиях сознательно задерживают внедрение автоматических средств контроля, так как их применение повышает процент обнаруживаемого брака. Например, некоторое время назад на страницах «Вечерней Москвы» сообщалось, что в одном конструкторском бюро спроектировали и изготовили по заказу завода «Фрезер» прибор для автоматического контроля резьбы метчиков. Однако, когда немного спустя конструкторское бюро поинтересовалось, как ведет себя изготовленный им прибор, оказалось, что он на заводе не используется. Почему? Когда начали применять прибор, выяснилось, что брак выпускаемых на заводе изделий значительно выше, чем считалось до этого. Вместо того чтобы при помощи этого совершенного прибора добиться действительного снижения брака, на заводе решили проще — прекратили пользоваться им и на этом успокоились.

Конечно, такие случаи единичны. На большинстве предприятий стремятся использовать наиболее совершенные средства технического контроля, с тем чтобы выявить действительное состояние качества изделий. Многие заводы, совершенствуя средства контроля, заменяют громоздкие, перенасыщенные измерительными приборами испытательные стенды быстродействующими автоматическими испытательными машинами и анализаторами с вычислительными устройствами. Эти машины могут выдавать готовые результаты испытаний по всем контролируемым показателям.

Технический контроль должен рассматриваться как неотъемлемая часть технологического процесса изготовления любого изделия. Поэтому при автоматизации производственного процесса необходимо одновременно предусматривать и автоматизацию технического контроля выпускаемых изделий.

## **Нужна обратная связь**

В прошлой беседе мы говорили, что конструктор должен хорошо знать условия эксплуатации создаваемой им машины. Не менее важно это и для производственников. Они должны тщательно анализировать все поступающие рекламации, отзывы и пожелания потребителей. Без хорошо организованных обратных связей между потребителями промышленных изделий и их изготовителями невозможно добиться повышения надежности и долговечности продукции.

Это хорошо понимают коллективы передовых предприятий страны. На многих из них организуются специальные отделы или группы по изучению и анализу опыта эксплуатации выпускаемых изделий.

Так, по Москве и Московской области такие группы созданы на 39 предприятиях машиностроительной и автомобильной промышленности.

Большая работа в этом направлении проводится на ГАЗе. Горьковский автозавод наладил и поддерживает связь со многими таксомоторными парками и гаражами страны. Он получает подробную информацию о всех обнаруживаемых в процессе эксплуатации конструктивных и производственных недостатках выпускаемых им автомашин. Эти материалы позволили найти пути улучшения конструкции узлов и деталей, совершенствования технологии их изготовления.

Организация сбора, обработки и анализа информации о надежности выпускаемых изделий имеет такое важное значение, что мы еще поговорим о ней в специальной беседе.

### **Где должна происходить приработка?—**

Наиболее частые отказы в любом изделии происходят, как мы видели, в начальный период его эксплуатации, в период так называемой приработки.

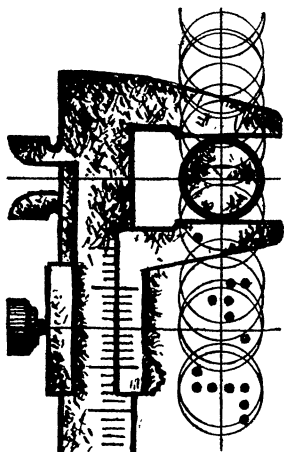
У различных изделий периоды приработки различны. Так, по ГОСТу 491-55 приработку двигателей следует проводить не менее 50 часов. В действительности, как показывают опыты НАТИ, основные детали двигателя (детали цилиндра-поршневой группы) прирабатываются за 30—40 часов.

Существуют способы сокращения периода приработки. Применение осерненных масел сокращает, например, время, необходимое для приработки двигателей до нескольких часов.

Предварительная приработка каждого изделия — обязательное условие его нормальной эксплуатации. Но где производить эту приработку? Нам кажется, что целесообразно рассматривать приработку как этап производственного процесса и, следовательно, производить ее на заводе, выпускающем изделие. Совершенно правильно поступил завод, изготавливающий телевизоры «Радий-Б», введя у себя технологический прогон телевизоров в течение 24 часов. Это способствовало повышению их надежности в эксплуатации.

И в заключение этой беседы — несколько слов о службах надежности. Такие службы созданы сейчас на многих предприятиях, в КБ и НИИ. Их роль в борьбе за повышение надежности проектируемых и выпускаемых изделий очень велика. О задачах и опыте работы этих служб подробно рассказывается в брошюре Я. М. Сорина «Служба надежности», выпущенной издательством «Знание» в 1966 г.





## СТАТИСТИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ—НАИБОЛЕЕ ПРОГРЕССИВНЫЙ

### Регистрация или анализ?

Мы уже говорили, что технический контроль совершенствуется по двум основным направлениям: одно из них — всемерная механизация и автоматизация контрольных операций, другое — внедрение статистических методов контроля.

Некоторые считают, что по мере автоматизации производства надобность в статистическом контроле отпадает, так как можно в самом процессе производства наладить сплошной контроль всех изделий. Это неправильно.

Применение автоматических средств контроля позволяет проводить сплошную, стопроцентную проверку некоторых изделий даже при массовом их производстве. Однако проверка многих изделий ведет к их разрушению или к такой потере первоначальных технических характеристик, что изделие уже невозможно дальше использовать. Это особенно справедливо при проверке надежности и долговечности изделий. Поэтому при контроле надежности возможна лишь выборочная проверка, но при существующей методике контроля она позволяет оценить качество лишь проверяемых изделий, а не всей партии. Следовательно, выборочный контроль имеет смысл только тогда, когда он базируется на законах математической статистики, т. е. является статистическим контролем. Таким образом, статистический контроль — единственно возможный метод конт-

роля надежности любого технического устройства или изделия.

Цель статистического контроля — оценка качества всей партии изделий (коллективного качества). Автоматические же средства контроля реагируют на каждый случай нарушения проверяемого параметра. Достаточно одному экземпляру изделия выйти за допустимые пределы проверяемого параметра, как автоматические средства контроля выключают станок или останавливают производственный процесс. Они не способны оценить состояние технологического процесса и управлять им.

Иное дело — статистический метод контроля. Он позволяет получить наглядное представление о том, как протекает производственный процесс, дает возможность активно воздействовать на него.

В настоящее время в понятие «контроль» вкладывается более широкое содержание, чем раньше. Контроль понимается не только как проверка, но и как регулирование качества. Главными функциями контроля качества в его новом толковании являются:

приемка готовой продукции;

предупреждение брака;

гарантирование требуемого уровня качества продукции.

Из трех перечисленных функций основной задачей контроля качества до последнего времени считалась лишь приемка готовой продукции. При таком узком понимании задачи контроля наиболее распространенным способом ее решения являлась сплошная приемка готовых изделий с разбраковкой их на годные и негодные.

Действительно, давайте посмотрим, как отделы технического контроля обычно проверяют качество продукции. Предположим, контролю подвергаются валики генератора. Проверяемый параметр — размер диаметра. В нашем случае он должен быть равен 50 миллиметрам. Однако хорошо известно, что изготовить большое количество изделий, абсолютно одинаковых по размеру, практически невозможно, так как при их обработке всегда будут некоторые колебания (отклонения, рассеивание) размеров. Поэтому для каждого параметра изделия устанавливаются допустимые пределы его колебаний — назначается тот или иной допуск. Предположим, что в нашем примере установлен допуск  $\pm 0,1$  миллиметра и, следовательно, размер диаметра изготавливаемых валиков не должен выходить за пределы 49,9—50,1 миллиметра.

Проверяя диаметры большого количества валиков, мы можем убедиться, что колебания их размеров будут в нормальных условиях подчиняться определенной закономерности, выражаемой кривой (так называемой кривой Гаусса — рис. 3).

При нормальном ходе технологического процесса и исправной работе станка диаметр большей части валиков будет соответствовать его среднему (номинальному) значению, т. е. 50 миллиметрам.

При нарушении технологии или разладке станка кривая распределения может принять другой вид, например как на рис. 4.

В этих случаях размер диаметра наибольшего количества проверяемых валиков будет соответствовать уже не его среднему (номинальному) значению, а приближаться к верхней или нижней границе допуска, т. е. к границе брака.

Для проверки валиков контролер располагает двумя калибрами: один из них обозначен буквами «ПР» (проходной), второй — буквами «НЕ» (непроходной). Если проверяемый валик свободно входит в калибр «ПР» и не входит в калибр «НЕ», он признается

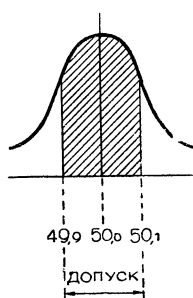


Рис. 3. Такой вид имеет кривая нормального распределения

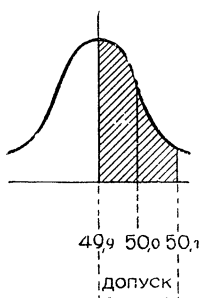


Рис. 4. Если технология нарушается, то кривая распределения изменяется и может принять такой вид.

годным. Если валик не входит в калибр «ПР», т. е. его диаметр больше 50,1 миллиметра, или, наоборот, свободно входит в калибр «НЕ», т. е. его диаметр меньше 49,9 миллиметра, он бракуется. Естественно, что при такой проверке контролер признает годными все валики, размер диаметра которых будет находиться в заштрихованной части (рис. 4).

Таким образом, хотя совершенно очевидно, что партии валиков, соответствующие рис. 3 и рис. 4, имеют разное качество, они получают при существующей системе контроля одинаковую оценку как годные.

Для существующей системы технического контроля характерно следующее. Проверке подвергаются изделия, процесс изготовления которых уже завершен. Часто партия изделий проверяется тогда, когда на данном рабочем месте уже начато, а иногда и закончено изготовление последующих партий. Таким образом, контроль позволяет оценить качество изделий уже завершенного процесса, поэтому такой контроль не может способствовать повышению качества

изделий. Он в состоянии лишь зарегистрировать брак, а не предупредить его.

Так как цель такого контроля — рассортировка готовых изделий на годные и брак, контролера интересует только, не выходят ли отклонения проверяемого параметра за пределы допуска. Колебания в пределах допуска контролера не интересуют и проверке не подвергаются, так как изделия считаются годными.

Чтобы убедиться при таком контроле в годности продукции и ее соответствии техническим условиям, приходится производить сплошную (стоцентную) проверку всех изделий. Но допустим, негодным признано одно изделие, второе, третье... А в чем причина, ведущая к их браку, остается неизвестным.

### **Преимущества статистических методов контроля**

Совершенно иное положение при применении статистического контроля. Основная цель статистического контроля — оценка качества не единичного изделия, а массы, партии изделий (коллективного качества).

Если при существующей системе контроля колебания диаметра валика в пределах допуска не проверяют и не учитывают, то при статистическом контроле именно проверка и анализ этих колебаний имеют решающее значение. Понятно, что статистический контроль эффективен лишь тогда, когда результаты проверки колебаний качества и тенденции его изменения тщательно отражаются в соответствующих документах, обобщаются и анализируются в соответствующих документах, принимаются меры к устранению причин возможного брака.

Наиболее распространенная и удобная форма таких документов — контрольная карта. Она дает возможность установить, отвечают ли колебания проверяемого параметра допустимым пределам.

Что представляет собой контрольная карта? На разграфленный лист бумаги наносится линия, соответствующая середине поля допуска. В нашем примере она будет соответствовать диаметру валиков — 50 миллиметрам. По обе стороны от этой линии наносятся в соответствующем масштабе верхняя и нижняя границы допуска, в нашем случае 50,1 и 49,9 миллиметра. На контрольную карту наносят также предупредительные границы, вычисляемые с помощью соответствующих статистических характеристик.

Контроль осуществляется в следующем порядке. Через установленный промежуток времени отбирают определенное количество (выборку) последовательно сошедших со станка валиков. Результаты измерений каждого отобранного валика наносят на контрольную карту. Что же может показать анализ карты?

Если размер диаметра любого из проверяемых валиков не выходит за предупредительные статистические границы, это значит, что технологический процесс идет нормально, некоторые колебания размеров являются результатом случайных причин, и изготовление валиков можно продолжать.

Если размер диаметра хотя бы одного из валиков выйдет за предупредительные границы, это сигнал о появлении каких-то нарушений технологического процесса. В этом случае целесообразно, не останавливая производства, повторить выборку. Если и повторная выборка покажет те же отклонения, это будет свидетельствовать о серьезном нарушении технологического процесса. Поэтому, хотя валики продолжают еще оставаться годными, чтобы предупредить появление брака, следует остановить производство, устранить причины, приведшие к нарушению технологического процесса. Причины эти могут быть самые различные: затупился инструмент, станок нуждается в ремонте, рабочий допустил ту или иную ошибку. Зная величину и характер нанесенных на контрольную карту отклонений, можно определить причины нарушения технологического процесса и принять меры к их устранению.

Поскольку предупредительные статистические границы находятся внутри поля допуска, выход диаметра отдельных валиков за эти границы еще не означает брака, а лишь сигнализирует о возможности появления брака.

В этом и заключается профилактическое значение статистического контроля — он сигнализирует о появлении тенденций к ухудшению качества продукции, предупреждает о возможности появления брака, позволяет обнаружить конкретные производственные причины, вызывающие чрезмерные колебания контрольных параметров, и дает возможность для регулярного наблюдения за всеми элементами производства (оборудование, инструмент, материалы).

Поскольку, как мы уже говорили, объектом статистического контроля является не единичное изделие, а масса изделий, при налаженном производственном процессе отпадает необходимость в сплошной, стопроцентной проверке всей продукции. Для оценки качества ее достаточно проверить лишь отдельные экземпляры из каждой изготавливаемой партии. Выборка позволяет не только оценить качество изделий, изготавливаемых в данный момент, но и определить, каким будет качество изделий в ближайшем будущем, т. е. прогнозировать качество.

Итак, статистический контроль — это активный контроль, позволяющий влиять на ход технического процесса, а следовательно, и на качество продукции. Иными словами, статистический контроль означает не только проверку, но и регулирование качества продукции в заданных пределах, т. е. управление качеством.

## Формы статистического контроля

Качество надо контролировать на всех стадиях производственного процесса. На любом предприятии процесс изготовления продукции делится на три стадии:

первая стадия — приемка поступающих материалов;

вторая стадия — обработка материалов и изготовление изделий (эта стадия включает все этапы производства, вплоть до сборки и отделки продукции);

третья стадия — окончательный контроль готовой продукции.

В зависимости от стадии производства статистический контроль может заключаться:

— в контроле качества поступающих со стороны материалов и полуфабрикатов (входной контроль);

— в контроле технологического процесса изготовления (предупредительный или текущий контроль);

— в контроле качества готовой продукции, в том числе надежности и долговечности (выходной контроль).

Входной и выходной контроль объединяют общим термином — «приемочный контроль», поскольку и в том и в другом случае основной задачей является оценка качества продукции с точки зрения возможности ее приемки.

О входном и выходном контроле мы уже говорили раньше и поэтому не будем на нем здесь останавливаться. Наиболее важное значение имеет текущий (предупредительный) контроль. В отличие от приемочного (как входного, так и выходного контроля) основной задачей его является наблюдение за состоянием производственного процесса и его своевременное регулирование с целью предупредить возможность брака и обеспечить требуемый уровень качества продукции.

Для того чтобы предупредить появление брака или не пропустить брак с предыдущей операции на последующую и содействовать улучшению всего технологического процесса, надо максимально приблизить контроль к процессу производства, т. е. включить его в технологическую цепочку. Только в этом случае контроль будет действительно текущим. Такой контроль часто называют пооперационным. Осуществляется он непосредственно на рабочем месте, у станка, в ходе выполнения операции или сразу после ее окончания.

Очень важно, особенно при массовом поточном производстве, разместить контрольные пункты так, чтобы изделие проверялось на каждом этапе производственного процесса, где можно регулировать качество.

Текущий контроль может выявить необходимость изменить технологию, улучшить оснастку, повысить специальное обучение рабо-



чих, а в отдельных случаях даже изменить конструкцию изделия.

Успешное осуществление текущего статистического контроля возможно только, если технологический процесс отлажен и находится, как говорят, «в состоянии контроля», когда все систематические причины, которые могут вызывать отклонения технологического процесса, устранены и колебания качества могут быть вызваны только воздействием случайных причин. Чтобы привести производство «в состояние контроля», нужно тщательно отработать и отрегулировать технологический процесс и обеспечить его высокую стабильность.

Широкое распространение саратовской системы бездефектного изготовления продукции, одной из важнейших предпосылок которой является постоянное совершенствование производственного процесса и строгое соблюдение технологической дисциплины, создает благоприятные условия для внедрения статистического контроля качества.

## **О чем свидетельствует опыт?**

В послевоенные годы статистический метод контроля находит все более широкое применение в промышленности многих стран. Почти все американские предприятия используют в настоящее время в той или иной форме статистический метод контроля и регулирования качества. Выгода от его внедрения только за один 1957 год оценивалась в 4 миллиарда долларов. В 14 странах мира существуют специальные стандарты на статистические методы контроля.

Применяется статистический контроль и на наших предприятиях, например на Горьковском и Московском автозаводах, на электрозаводе имени Куйбышева и некоторых других.

На ГАЗе предупредительный статистический контроль применяется с 1947 года. Он узаконен здесь в технологических картах и используется для регулирования качества при большинстве технологических операций (от формовки до окраски готовых изделий) и почти по всем параметрам (вес, размеры, влажность, температура и т. д.). На статистический контроль переведено около 5 тысяч различных операций.

На Московском автозаводе имени Лихачева статистический метод контроля существует с 1943 года. Здесь применяется как пооперационный, так и приемочный статконтроль. С 1950 года на заводе в составе ОТК есть центральная статистическая лаборатория. На всех новых автоматических линиях, которые будут монтироваться на заводе, также предусматриваются устройства комплексного статистического контроля.

На заводе «Электроизолит» Московской области с 1959 года начали применять статистический контроль толщины механических листов для электромоторов. Статистический анализ технологического процесса изготовления листов помог разработать технические мероприятия, в результате проведения которых толщина листов стала равномерной и ее отклонения укладываются в пределы поля допуска. Это позволило вместо контроля всех листов в нескольких точках контролировать только каждый десятый лист. Аварии на электростанциях из-за низкого качества изоляционных прокладок резко сократились.

Опыт показывает, что статистический контроль может успешно использоваться в любой отрасли промышленности — машиностроении, химии, легкой и пищевой промышленности и особенно эффективен при массовом поточном производстве.

Методы статистического контроля применимы к любому признаку качества, если возможна его количественная оценка. Такими признаками могут быть: механические, химические, электрические, оптические и иные свойства продукции, геометрические величины (размеры), чистота поверхности и т. д.

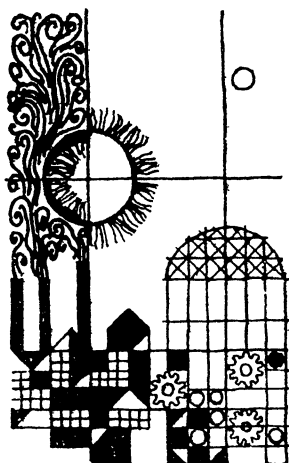
Почему же, несмотря на очевидные преимущества статистического контроля, в том числе и его экономическую эффективность, он до сих пор применяется лишь на немногих предприятиях нашей промышленности?

Одна из основных причин состоит в том, что не только рабочие, но и инженерно-технические работники мало знакомы с сущностью статистического контроля и порядком его применения. Сказывается также и то, что для освоения этого метода требуется знание основ теории вероятностей и математической статистики.

Текущий статистический контроль особенно эффективен тогда, когда он проводится на рабочих местах и к его осуществлению привлекаются непосредственные исполнители. Для успешного внедрения статистического контроля очень важное значение имеет его широкая пропаганда, ознакомление с ним всех инженерно-технических работников и передовиков производства.

Большую помощь тут могут оказать научно-технические общества. По их инициативе во многих городах уже читаются лекции и доклады, проводятся семинары и технические конференции о практическом применении статистического контроля качества.





## КУЛЬТУРА ПРОИЗВОДСТВА И ЭСТЕТИКА ТРУДА

### Одна пылинка... и ракета сбилась с курса

Культура производства — понятие весьма широкое. Прежде всего — это его технический уровень. Можно построить прекрасные, светлые здания, разбить вокруг них клумбы и газоны, но если эти здания начинены старой, отжившей техникой, то и культура производства будет низкая. И наоборот, если самая совершенная техника, сложнейшие автоматические машины уживаются рядом с грязью, беспорядком, нарушением элементарных правил техники безопасности, то и здесь не может быть речи о высокой культуре.

Значительную часть жизни — почти одну четвертую ее часть, человек проводит на производстве. Так можно ли, заботясь о том, чтобы советский человек имел все условия для заслуженного отдыха, допускать, чтобы труд его протекал в мрачных, неуютных помещениях, с давно не мытыми полами и окнами? Соблюдение чистоты, опрятности, порядка, личной гигиены работающими становится одним из основных условий успешной борьбы за высокое качество продукции. Перефразируя известную поговорку «Чистота — залог здоровья», мы имеем полное право сказать: «Чистота — залог высокого качества продукции».

Чем более сложные и совершенные изделия выпускает промышленность, тем в большей степени качество этих изделий, их надеж-

ность и долговечность зависят от чистоты и порядка в цехе, от того, насколько хорошо вымыты стекла в окнах и световых фонарях, от цвета стен и оборудования и даже от чистоты рук и одежды рабочего.

В точном машиностроении, приборостроении, радиоэлектронике не только пыль и грязь на рабочем месте, но и плохо вымытые руки — это потенциальные источники брака. Требование чистоты в этих отраслях промышленности диктуется не только гигиеническими или эстетическими соображениями. Чистота становится технологической необходимостью.

В современном производстве применяются материалы с самыми различными электрическими, магнитными, оптическими и другими свойствами. Даже самое незначительное загрязнение этих материалов может коренным образом изменить их свойства.

Например, при изготовлении полупроводниковых приборов, широко применяемых в сложных электронных машинах, автоматических системах управления и многих других видах техники, используется однородный монокристаллический германий, примеси в котором не должны превышать одного атома на миллиард атомов германия, т. е. чистота его должна быть не ниже 99,9999999%.

«Не видно пылинки, а глаз выедает», — гласит народная поговорка. В полупроводниковой технике буквально одна пылинка может привести к браку и тяжелым последствиям. Особая сложность здесь заключается в том, что пылинка не сразу поражает кристаллик германия. Она отравляет его постепенно, с неумолимостью злокачественной опухоли. А в результате, иногда через несколько лет, происходит отказ в электронном мозгу ракеты, и ракета падает в море, как это не раз случалось в США.

Американская фирма «Сперри-Джироскоп», изготавливающая аппаратуру управления реактивными снарядами, утверждала, что достаточно частице перхоти с головы человека попасть в точный подшипник системы управления, чтобы при предельной дальности полета вызвать отклонение снаряда от заданной цели на 5—6 миль.

В 1964 году на 1-м Часовом заводе в Москве резко возрос брак. Долгое время, несмотря на самые тщательные поиски, не могли установить его причину. И что же, в конце концов, оказалось? Причиной брака была... обыкновенная тушь для ресниц. Девушки-сборщицы чрезмерно увлекались косметикой. Мельчайшие частицы туши попадали в механизм часов, а это быстро вызывало его порчу. Пришлось объяснить модницам, что их внешняя привлекательность не должна наносить ущерб качеству часов.

Чистота нужна везде. Между тем у нас до сих пор есть еще предприятия, где культура труда не в почете, где мирятся с плохой уборкой рабочих мест, с недостатком света, с грязью и хламом в

помещениях и на заводских дворах, с неудовлетворительным бытовым обслуживанием рабочих, забывая, что это прямо сказывается как на трудоспособности работающих, так и на качестве выпускаемой продукции.

В оправдание приводятся разные доводы. Некоторые заявляют, что высокая культура производства возможна только на новых предприятиях, где производственные корпуса построены с учетом всех современных требований. Другие утверждают, что добиваться высокой чистоты нужно только в электровакуумной, полупроводниковой, приборостроительной промышленности, а на металлургических, машиностроительных заводах такая задача невыполнима.

Жизнь опровергает подобные доводы. Московскому заводу «Манометр», инициатору движения за высокую надежность и долговечность выпускаемых изделий, в 1966 году исполнилось 80 лет. А чистоте и порядку в его цехах и лабораториях могли бы позавидовать многие недавно построенные предприятия.

Кажется, невозможно бороться с пылью и грязью, с засоренностью воздуха в коксохимическом производстве. Но вот не так давно ученые-биохимики, обследовавшие Днепродзержинский коксохимический завод, установили, что микроклимат на его территории чище, чем в центральной части Днепродзержинска.

Как это достигнуто? Секрет прост: более трети заводской территории озеленено. Своими силами на общественных началах рабочие посадили тысячи деревьев, десятки тысяч кустарников, разбили клумбы, построили фонтаны, увлажняющие атмосферу. Способность деревьев и кустарников задерживать пыль чрезвычайно велика.

На Красноуральском медеплавильном комбинате, коллектив которого включился в борьбу за повышение культуры производства, побелили даже такие сооружения, как пылеугольная фабрика, и обязались следить, чтобы побеленная поверхность сохранялась как можно дольше.

В кузнечном цехе Киевского завода штампов и прессформ, где все, казалось бы, связано с представлением о копоти и грязи, — чистый воздух, а печи и стены выкрашены в белый цвет.

Следовательно, дело вовсе не в возрасте завода, не в том, к «чистым» или «грязным» отраслям производства он относится. Важно, понял ли коллектив огромное значение культуры труда, и достаточно ли активно администрация, общественные организации, каждый рабочий и служащий включились в борьбу за чистоту и порядок в цехах и на всей территории.

Часто на предприятиях мирятся с нарушениями элементарных требований культуры производства просто потому, что привыкли к ним, присмотрелись, перестали замечать.

Главный механик рижского завода «Саркана Звайгзне» В. Я. Лакшевиц рассказывал, как однажды директор завода, секретарь парткома, секретарь комитета ВЛКСМ и группа активистов попытались взглянуть на свои цехи как бы чужими глазами. И сразу увидели: стены грязные, станки серые, под потолком темные трубы, пол совсем черный, окна запылены.

Решили для опыта выкрасить в светло-голубой цвет пять пресов. Сначала многие сомневались, разумно ли это. А сделали — всем понравилось. К такой машине никто не решится прикоснуться грязной пятерней, с нее не забудут стереть пыль и вовремя ее смазать. Так началась на заводе борьба за повышение культуры труда.

### **Союз автомата со шваброй**

Для того чтобы в цехе было чисто, его надо регулярно убирать. Это прописная истина. Но как убирать? Представьте себе новенький, современный высокоточный автоматический станок со сложной системой управления, умными контрольными приборами и рядом... пожилую женщину с ведром, тряпкой и шваброй. С каждым годом наши заводы оснащаются новым, все более сложным оборудованием. Устаревшие станки заменяются станками-автоматами, широко внедряются автоматические линии. А убирает цех по-прежнему «тетя Маша» или «тетя Даша».

Механизация все шире применяется в самых различных областях нашей деятельности и очень мало для уборки производственных помещений. Между тем ручная уборка не только тяжела и малопроизводительна, она и не дает нужного эффекта, особенно если приходится убирать большие помещения высотой в четыре-пять метров. Как, например, в таком цехе мыть стекла в фонарях и световых проемах, как убирать пыль на подкрановых путях, опорных колоннах?

Есть ли в арсенале отечественной техники машины и приспособления, облегчающие уборку? Да, есть. Надо только наладить их серийное производство и смелее применять на практике.

В течение многих десятилетий на машиностроительных заводах существует так называемая «проблема стружки». Проходят годы, проблема становится все острее, и это вполне понятно. Раньше возле обычного токарного станка скапливалось за смену 15—20 килограммов стружки, а вокруг современного многолезцового станка за то же время образуется около 300 килограммов металла. Стружка загромождает проходы, мешает работе транспорта, захламляет помещения.

Совершенно очевидно, что автоматизация процесса резания металла несовместима с ручной уборкой стружки. На Уральском вагоностроительном заводе на всех токарных станках поставили стружколомы и пустили стружкоуборочные конвейеры. На Заволжском моторном заводе алюминиевую стружку удаляют от станков пневмоотсосами.

Какие бы средства уборки цеховых помещений ни применялись, каждый рабочий должен постоянно помнить, что культура производства зависит прежде всего от него самого: он сам должен следить за чистотой своего рабочего места, за состоянием своего станка. Это хорошо понимают передовые рабочие и всегда содержат станок в безупречном порядке.

Но не все осознали это. Встречаются еще люди, которые не следят за чистотой рабочего места, за состоянием оборудования. Они не заботятся о том, чтобы вовремя осмотреть, смазать, почистить станок. В результате станок быстро теряет точность, и, естественно, качество изделий ухудшается.

В борьбе с такими нерадивыми работниками общественность предприятий применяет самые различные формы. На Рижском вагоностроительном заводе заведен такой порядок: окончил смену — убери не только станок, но и вокруг него. За выполнением этого требования наблюдали контрольные посты. Заметили плохо убранный, грязный станок, и на дощечке появляется запись мелом: «Как не стыдно, товарищ!» И это действует. Действует сильнее, чем указание мастера или приказ директора.

На Челябинском заводе дорожных машин имени Колющенко специальная комиссия проверяет санитарное состояние цехов. На специальных стендах различными цветами выставляют оценки: «отлично» — красным, «хорошо» — зеленым, «посредственно» — желтым, «плохо» — черным. Разумеется, никто не хочет, чтобы у входа в цех красовалось черное пятно. В производственных помещениях стало намного чище.

А там, где чистота и порядок, там и качество изделий выше

## **Не только чисто, но и тихо**

Человек нуждается не только в чистоте, но и в тишине. С недавних пор нарушителей тишины в ночное время карает закон. На улицах наших городов запрещены звуковые сигналы — закон стоит на страже нашей нервной системы. Повсеместно на центральных улицах грохочущие трамваи заменяются бесшумными троллейбусами. Жилые дома теперь строят так, чтобы они выходили на улицу не фасадами, а торцами. Словом, делается все, чтобы шум беспокоил человека как можно меньше.

А как быть на предприятии? Ведь никаким распоряжением не заставишь кузнечные молоты или ткацкие станки работать бесшумно.

На машиностроительных заводах наиболее интенсивным шумовым воздействиям подвергаются испытатели различных двигателей, котельщики, клепальщики, кузнецы, револьверщики, обрубщики. Подлинным бичом является шум на ткацких фабриках. Почему стучит ткацкий станок? Да потому, что челнок его непрерывно, с громким стуком мечется из стороны в сторону. А в цехе стоят десятки ткацких станков.

На производстве много различных источников шума. Вот в цехе установили вентилятор собственного производства. Вещь, конечно, полезная, но, устанавливая его, не подумали о том несносном шуме, который он создает из-за отсутствия амортизаторов. В другом цехе выправляют кувалдой толстые железные листы. Попробуйте там побыть часок — и вам захочется бежать без оглядки куда-нибудь подальше от этого грохота.

Шум плохо отражается на здоровье человека, вызывает различные профессиональные заболевания. Шум влияет прежде всего на нервную систему рабочего, его внимание рассредоточивается, он чаще ошибается, появляется брак.

Специалисты утверждают, что в некоторых производствах, например приборостроении, шум может даже непосредственно влиять на качество, так как малейшие колебания воздуха вызывают отклонения от заданных показателей точности.

Ну, а можно ли с шумом бороться? Можно, отвечает наука, хотя это, пожалуй, труднее, чем бороться с грязью, пылью и прочими врагами производственной культуры.

Прежде всего надо изменить саму технологию. Например, кузнечный молот можно заменить кривошипным прессом, который работает гораздо тише. Клепку почти во всех случаях можно заменить сваркой — это лучше и для здоровья рабочего и для качества изделия. Если же сварку применить нельзя, то клепальные молотки снабжают механизмами для гашения вибрации.

Однако не всегда можно изменить технологию. Некоторых разрушителей тишины приходится изолировать. В цехах, где будут работать особо шумные объекты, делают стены со звукопоглощающими материалами (асбестом, акустолитом, асбосиликатом, войлоком, руберойдом, пергамином). Обычный войлок поглощает половину звуковой энергии.

Когда на рижском заводе «Саркана Звайгзне» получили новые многошпиндельные токарные автоматы, то оказалось, что они очень шумят. Пруток, из которого нарезают заготовки, проталкивается по направляющим трубам, вибрирует, бьется о стенки. Решили заключить эту трубу в другую, оставив между ними воздушную прокладку.



Шум уменьшился. А в Новосибирске вместо металлической трубы применили хлорвиниловую, и шума вообще не стало.

Наука и техника дают нам на вооружение такие материалы, которые помогают бороться с шумом. В конструкциях машин успешно применяют зубчатые шестерни, втулки, муфты и другие детали из текстолита, капрона, из прессованной древесины.

Есть, правда, такие шумливые машины, которые нельзя ни заменить, ни изолировать. С ними приходится бороться при помощи индивидуальных средств защиты: наушников с раковинной, выложенной хлорвинилом, картоном или специальной пастой, шлемофонов и даже просто кусочков ваты.

Борьба с шумом — это борьба за здоровье человека и в то же время это важная составная часть борьбы за высокое качество и надежность наших изделий.

Но представим на миг, что было бы, если бы мы полностью поборол шум и на заводе стало абсолютно тихо, ни звука, мертвая тишина. Полезно ли это было бы? Психологи говорят — нет. В больших дозах и тишина раздражает. А раз человека что-то раздражает, то, значит, и работа у него не будет спориться и он может стать «потенциальным бракоделом». В цехах Пермского телефонного завода многие рабочие места радиофицированы. В цехе звучит музыка. Именно музыка должна заменить шум. Так же как и цвет, музыка может то успокаивать, то возбуждать. Ее можно использовать и на производстве. Конечно, при этом необходимо учитывать характер трудового процесса. Интересные подсчеты были произведены во Франции. Они показали, что при уборке, мытье полов занятость внимания можно оценить в 9 условных процентов, при работе напыльником — 25, при разметке деталей — 31, работе на токарном станке — 73 и, наконец при чтении — 100%. Соответственно нужно подбирать и музыку, ее громкость, тональность. Физиологи рекомендуют так называемый «прерывистый» график музыкального вещания. Общая его продолжительность —  $1\frac{1}{2}$ —2 часа в смену. Начинать его следует за 5—10 минут до смены и продолжать 15—20 минут. Цель — втянуть человека в рабочий темп. Передаются в это время бодрые мелодии, марши. Через два часа наступает утомление. Чтобы встряхнуть нервную систему, опять включается музыка.

## **Цвет участвует в технологическом процессе**

Огромное значение на производстве имеет цвет. Далеко не безразлично, какого цвета наши станки, стены цеха, потолки, несущие колонны.

Наши предприятия оснащаются новым оборудованием, ручной труд все больше вытесняется различными средствами механизации

и автоматизации. Это влечет за собой увеличение нагрузки на зрительно-нервный аппарат рабочего. От оператора требуется большая внимательность, быстрота реакции, умение мгновенно принимать правильные решения. В этих условиях цвет предметов, окружающих рабочего, приобретает новые функции: он начинает активно участвовать в производственном процессе.

Различные цвета действуют по-разному. Они могут либо повышать, либо понижать работоспособность человека, они могут способствовать быстрому утомлению или, наоборот, придавать бодрость.

Какой цвет господствует обычно на производстве? Пройдитесь по цехам большинства заводов, и ваш глаз невольно начнет уставать от однообразного серого цвета. Стены, балки перекрытий, станки, механизмы, окрашенные в темные тона, создают мрачную, безрадостную обстановку. В таких помещениях, где недостаточно светло, портится зрение, утомляется нервная система.

Иначе действует, например, светло-зеленый цвет. Исследования показали, что желто-зеленый и зелено-голубой цвет обостряют зрительное восприятие и слух, повышают мускульно-двигательную силу рук человека, успокаивающе действуют на его нервную систему.

Читатель вправе спросить: «А при чем тут качество и надежность, не отвлеклись ли мы от темы? Разве не все равно, в какой цвет окрашен цех, где собирают мой телевизор? Лишь бы он хорошо работал и не пришлось то и дело бегать в телеателье». Нет, разговор идет именно о качестве и надежности. Разумный выбор цветов окраски производственных помещений и оборудования — это не только эстетическая проблема. Цвет оказывает непосредственное влияние на производительность труда и на качество продукции. Стоит выкрасить станок в светлые тона, и на нем заметнее становится грязь, следы стружки, отпечатки замасленных пальцев. За таким станком будут лучше ухаживать, а это значит удлинится срок его службы, он дольше сохранит точность, а следовательно, и качество обрабатываемых изделий будет выше.

Рабочий-машиностроитель обрабатывает стальные детали. Они серы: недаром о том или ином предмете говорят, что он стального цвета. Станок тоже окрашен в серые тона. Чтобы разглядеть деталь, приходится напрягать зрение, глаза быстро утомляются, отсюда частые ошибки, брак. А на светло-зеленом фоне деталь отчетливо видна, и обрабатывать ее намного легче. Вот так цвет участвует в производственном процессе, активно влияя на качество и производительность труда рабочего.

Значением цвета в производственном процессе заинтересовались работники института «Оргстанкинпром». В результате большой исследовательской работы они создали проект окраски заводских помещений, оборудования, транспортных средств, сооружений и ин-

вентаря. Альбомы института были разосланы на заводы, и на многих из них они широко внедряются и дают заметный эффект.

На Киевском заводе реле и автоматики по рекомендации «Оргстанкинпрома» потолки и оконные переплеты окрасили в светлые тона, панели стен и станки — в светло-зеленые. Для движущихся частей оборудования подобрали яркие, броские цвета, чтобы они были хорошо заметны, и это предостерегало от возможности травм. В результате производительность труда и качество выпускаемой заводом продукции значительно повысилась.

В 1964 году был реконструирован цех Рижского радиозавода имени Полова. На окна повешены солнцезащитные шторы, оконные проемы и стены выкрашены в холодные тона, пол покрыт светлым пластиком, в потолок вмонтированы люминесцентные лампы. После этого производительность труда в цехе выросла на 5,1%, потери от брака снизились на 50%. Уменьшились непроизводительные потери рабочего времени.

Немалое значение имеет цвет пола. Полы в литейных, механических, кузнечных, сборочных цехах машиностроительных заводов обычно асфальтовые, на них незаметны грязь и мусор, лужи эмульсии, разбросанная металлическая стружка. Другое дело, если пол застлан светлыми керамическими плитками, релином, ксилолитом или мраморной крошкой. Тут уж грязь, сор и стружка сразу бросаются в глаза. И, естественно, их сразу же убирают. А следовательно, меньше вероятности, что пыль и грязь попадут в станок, в новое изделие. Кроме того, темные полы почти не отражают света, поглощая более 90% световой энергии.

В проекте «Оргстанкинпрома» есть одна, на первый взгляд, странная рекомендация — панели стен красить в светло-зеленые тона, а углы оставлять белыми. Но это психологически оправдано: в такой угол никто не бросит окурок или грязную ветошь.

А вот другой пример эффективного психологического воздействия цвета. Один из заводов выпускал универсальный измерительный микроскоп очень высокой точности. Много помучились работники завода над этим прибором. Делали все, чтобы он был высококачественным, однако от потребителей продолжали поступать рекламации. Найти причину дефектов никак не удавалось.

И вот кто-то предложил окрашивать микроскоп в белый цвет. Сначала это вызвало недоумение — какое отношение может иметь цвет к качеству микроскопа? Однако решили все же попробовать, и вскоре потребители стали получать ослепительно белые приборы. И, как ни странно, поток рекламаций резко сократился, точность микроскопа значительно возросла.

Причина оказалась очень простой. Когда микроскоп был темным, рабочие мало заботились о чистоте рук. На белом же корпусе

микроскопа стали отчетливо заметны каждое пятнышко, каждая пылинка. Рабочие начали чаще мыть руки, и результат не замедлил сказаться.

## **Миллиарды киловатт и ... невымытые окна**

Вряд ли нужно доказывать, какое значение имеет хорошая освещенность рабочего места. Между тем традиционный серый цвет, господствующий на многих наших предприятиях, поглощает 65—70% света и, следовательно, резко снижает освещенность. Рациональная окраска стен и оборудования может вдвое повысить освещенность производственных помещений. Если правильно подобран цвет — это не только красиво, но и светло, а значит, экономично.

Но если неправильно подобранная окраска может ухудшить освещенность рабочих мест, то плохое освещение может свести на нет все преимущества рациональной окраски.

Большую роль на производстве играет естественное освещение. С физической точки зрения оно наиболее рационально. Но естественный свет зависит не только от солнца, погоды, времени года. Во многом он зависит и от чистоты окон, световых проемов. Чистое стекло пропускает 90% светового потока, а сильно загрязненное — всего 8%. Между тем невымытые закопченные окна — частое явление на многих заводах. Здание цеха № 2 Ждановского завода имени Ильича, например, опоясывает широкая лента стекла. Однако на ней был такой слой пыли, что стекло почти не пропускало света, и в помещении царил сумрак.

Однажды в одном из цехов Днепропетровского электродного завода попробовали днем выключить электрический свет, и в цехе с огромными окнами стало так темно, что на некоторых участках было невозможно нормально работать.

Некоторые хозяйственники экономят на мытье стекол. Но если бы они сели и подсчитали, во что обходится государству такая «экономия», то пришли бы в ужас. По данным светотехников на дополнительное освещение производственных помещений только из-за загрязненности стекол ежегодно расходуется 11 миллиардов киловатт-часов электроэнергии. Это равно годовой выработке Волжской ГЭС имени В. И. Ленина.

Окна и световые фонари надо мыть и чистить не только перед большими праздниками, а регулярно. Для этого надо использовать все средства механизации.

Очень важно, чтобы искусственное освещение рабочих мест было рационально. Некоторые считают, что весь вопрос в интенсивности света: «поставь больше ламп, в каждой побольше ватт и дело

в шляпе». Это далеко не так. Большую роль здесь играет и спектральный состав света.

Больше всего у нас используются обычные лампы накаливания, а между тем опыт показывает, что их световая отдача в 3—4 раза, а срок службы в 4—7 раз меньше, чем у современных люминесцентных и ртутно кварцевых ламп. Только благодаря применению новых светотехнических материалов (белых эмалей, пластиков, лакокрасочных материалов, светотехнической бумаги) можно добиться повышения среднего коэффициента полезного действия светильников в среднем на 20—25%.

Немало вреда может принести и явление, называемое светотехниками несколько неуклюжим словечком «блескость». Свет может быть достаточно интенсивным, но блики, которые образуются на блестящих поверхностях, режут глаз, утомляют.

Не всегда бывает продумано и само размещение светильников. Нередко их располагают на высоте 10—15 метров. Попробуй-ка добраться до них, чтобы почистить без специальных приспособлений. Немудрено, что многие светильники вообще не очищают, и получается парадокс: при огромном перерасходе электрической энергии рабочие места иногда бывают освещены ниже, чем допускают это санитарные нормы.

Мораль проста: светильники, как и окна, надо систематически чистить, мыть, повседневно за ними ухаживать. Это не прихоть, а технологическая необходимость.

## **Надо судить и по одежке**

Но вот мы с вами привели в порядок производственные помещения: цехи блестят чистотой, из светлых, хорошо протертых окон льется солнечный свет, у станков стоят цветы, а некоторые рабочие, наладчики и мастера продолжают ходить в грязных, замусоленных спецовках.

Коллективы передовых предприятий ведут борьбу за чистую рабочую одежду, опрятный внешний вид, высокую гигиену труда каждого рабочего. И там, где за дело берется весь коллектив, дело идет успешно. На Елецком заводе станочной гидроаппаратуры члены созданных на общественных началах цеховых комиссий установили дежурство у входа в цех. Когда перед началом работы появлялся небрежно одетый человек, в грязной спецовке, они его просто не допускали к работе.

Для того чтобы рабочие имели возможность соблюдать правила личной гигиены, на предприятиях должны быть шкафы для одежды, душевые, умывальные комнаты и т. д. И тут велика роль общественности. Комсомольцы киевского завода «Точэлектроприбор»

создали на заводе уголок бытового обслуживания. На некоторых предприятиях организована продажа рабочей одежды непосредственно на заводе, практикуются коллективные заказы на изготовление рабочих костюмов.

Созданию красивой и удобной рабочей одежды, соответствующей характеру и возрасту человека, различным условиям его работы, наши модельеры, швейные и торговые организации уделяют, к сожалению, очень мало внимания. Можно только приветствовать почин Таллинского дома моделей, собравшегося издать альбом рекомендуемой предприятиям производственной одежды. Несколько хороших образцов подготовил Московский дом моделей. Но это пока лишь первые и очень робкие шаги. Готовые модели с трудом пробивают себе дорогу в цех. Причин тут много: и нехватка подходящих тканей, и нехватка фурнитуры, и то, что швейные фабрики неохотно берутся за выполнение столь невыгодных заказов. Причин много, но все они легко преодолимы.

## **О парках и свалках мусора**

Итак, в цехе чисто, грязь и пыль убраны, спецовки выстираны. Но через открытые окна вместе со свежим воздухом врываются клубы пыли. Оказывается, мало навести порядок в цехах, надо позаботиться и о благоустройстве всей заводской территории. Нужно сделать так, чтобы и вокруг завода было красиво и чисто.

О Новочеркасском станкостроительном заводе шла по городу худая слава. В цехах была грязь, заводской двор захламлен. За наведение чистоты и порядка взялся весь коллектив завода. Сейчас на месте свалки разбит красивый сквер, благоухают цветы. Озеленяются и многие другие предприятия. Побывайте на Киевском заводе станков-автоматов, на Одесском «Автогенмаше», на Уралмашзаводе: их территории похожи на парк. Там десятки тысяч фруктовых и декоративных деревьев, кустов, масса цветов, аромат которых забивает запахи бензина и машинного масла.

Однако не везде так. Во дворе Московского завода электровакуумных приборов красуются большие мусорные свалки, куда за сутки выбрасывают десятки тонн различных производственных отходов. Тут же находится специальная печь, где сжигаются каждый день отходы древесины. В воздухе стоят тучи дыма и пыли. Пыль со двора проникает в здание. Как же это может не влиять на качество продукции, ведь электроламповое производство требует идеальной чистоты!

Во дворе завода железобетонных сооружений № 7, вокруг конторы — цветы, вдоль цехов — деревья, все дороги заасфальтированы и чисто подметены. Но попробуйте взглянуть на завод с

«черного хода» — со стороны железнодорожной ветки, по которой поступают материалы. И там вы увидите совершенно иную картину. Вдоль железнодорожного полотна разбросана чугунная «фасонина» для санитарных панелей. Весной и осенью она утопает в грязи, а всю зиму лежит под снегом. Кругом горы старых форм, ржавой арматуры, бракованной продукции.

Оказывается, цветы и клумбы перед конторой — это для гостей, а на деле руководители и общественность завода плохо заботятся о чистоте и свежем воздухе на своем предприятии.

## **Когда за дело берется коллектив**

Забота о культуре труда — очень важная задача. Этим надо заниматься повседневно так же, как и совершенствованием технологии производства, широкой механизацией и автоматизацией технологических процессов, обеспечением ритмичной, планомерной работы.

На передовых предприятиях это хорошо понимают. На Уралвагонзаводе были заведены так называемые «карты культуры». В такой карте указывается, что надо сделать для поддержания высокой культуры труда. В ней отражается забота о правильной организации труда и разумном оборудовании рабочего места, о хорошем освещении, вентиляции и рациональной окраске производственных помещений и о внешнем виде производственников. Директор завода предоставляет отделу технического контроля право временно приостанавливать приемку продукции на тех участках, где обнаруживаются отклонения от предусмотренных картой условий. Может быть, на первый взгляд это слишком крутая мера, но результаты она дает хорошие, несомненно способствует повышению качества продукции. Заводской комитет профсоюза присваивает звание коллективов коммунистического труда лишь тем участкам и бригадам, которые наряду с другими основными показателями выполняют и условия, записанные в «карте культуры».

Аналогичный порядок был установлен на Брянском машиностроительном заводе, коллектив которого начал поход за культуру производства, за благоустройство заводской территории. объявил беспощадную борьбу с грязью и захламленностью рабочих мест.

Для каждого цеха и участка технологами разработаны «карты чистоты», а отдел главного механика составил планы благоустройства территории, поручив определенным цехам заботиться о заводских скверах, зеленых уголках и площадках. Общезаводская комиссия каждую субботу проверяет и принимает цехи по «картам чистоты». Комиссии предоставлено право немедленно останавливать

любую машину и даже целые участки, если там обнаружена грязь или нарушаются правила эксплуатации оборудования.

Все это способствует неуклонному повышению производственной культуры, создает предпосылки для успешной борьбы за повышение качества выпускаемых изделий, а следовательно, за повышение их надежности и долговечности.

## **Техническая эстетика**

Еще несколько лет назад этим вопросом занималась небольшая кучка энтузиастов. Они по крупицам собирали опыт создания благоприятной эстетической среды на производстве, внедрения художественного начала в технику. Они с боем пробивали дорогу своим рекомендациям, ожесточенно спорили, ломали копыта на страницах журнала «Декоративное искусство» — единственного печатного органа, который тогда занимался этой проблемой. Среди этих людей были художники и инженеры, экономисты и врачи, ученые и производственники.

С тех пор многое изменилось: о производственной эстетике написаны десятки статей в разных газетах и журналах, брошюр, книг. Начал выходить информационный бюллетень «Техническая эстетика».

Техническая эстетика развивается у нас в двух направлениях: во-первых, ее рекомендации направлены на создание совершенных в художественном отношении изделий промышленности; во-вторых, речь идет о создании таких условий для человека на производстве, которые удовлетворяли бы высокоэстетическим вкусам, санитарно-гигиеническим и физиологическим требованиям и безопасности труда.

Цель художественного конструирования состоит в том, чтобы сочетать в новых промышленных изделиях красоту и изящество их формы с максимальным удобством для человека.

Итак, художник-конструктор — фигура нужная. Но всегда ли? Легко понять, если он участвует в конструировании легковых автомобилей. Но зачем нужен художник при создании новых моделей тракторов? Не все ли равно, как выглядит работяга-трактор?

Оказывается, художник все же нужен. Его советы помогают лучше скомпоновать узлы и агрегаты трактора, создать более удобную и просторную кабину. Все это способствует повышению производительности труда и качества работы сельских механизаторов.

Законы технической эстетики были использованы при проектировании и строительстве многих новых предприятий, например Паневежского завода кинескопов. Его огромные залы заливает море света. Солнце заглядывает в каждый уголок через сплошную стек-



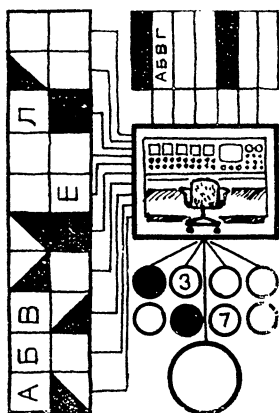
лянную стену. Остальные стены покрашены в голубой и светло-зеленые тона. Всюду идеальная чистота. В стекольном цехе поддерживается стабильная температура — 25 градусов Цельсия. Специалисты по технической эстетике, совместно с технологами завода, работают над вопросами организации рабочих мест, освещения, озеленения.

В 1962 году был создан специальный Научно-исследовательский институт технической эстетики (ВНИИТЭ), который призван руководить всеми работами в этой области. В Москве, Ленинграде, Киеве, Риге, Тбилиси, Свердловске и других городах созданы художественно-конструкторские бюро, которые должны участвовать в разработке проектов изделий машиностроения и товаров культурно-бытового назначения.

Технической эстетике принадлежит немалая роль в эстетическом воспитании людей. Она будет способствовать повышению качества труда, а следовательно, и качества, надежности и долговечности выпускаемых изделий.



## Беседа II



### НА ПОВЕСТКЕ ДНЯ— НОТ

#### На заре становления нашей индустрии

«В работе у нас часто недостает внимания. Мы нередко отрываемся для других дел, а нужно себя к работе приковать, ни за что другое не хвататься. А между тем некоторые работают так: поработают-поработают, а потом побегут за чем-нибудь, и часто даже за тем, что им совсем не нужно. А что из этого выходит? А выходит то, что человек стряхнул с себя рабочее настроение, сейчас же многое позабыл в работе, разладил ее, себя выключил и, конечно, многое в работе потерял».

Это выдержка из памятки «Как надо работать». Составлена она еще в двадцатых годах в Центральном институте труда (ЦИТ), который возглавлял тогда очень интересный человек, энтузиаст, инженер и поэт Алексей Капитонович Гастев. Такая памятка висела в приемной Владимира Ильича Ленина.

Мы не случайно вспомнили об этом. Чтобы делать хорошие вещи, надежные в эксплуатации, надо прежде всего уметь работать, уметь правильно организовать свой труд, труд всего коллектива. Можно применять самую совершенную технику, пользоваться самыми современными приборами, средствами контроля, технической документацией, но, если ты неряха, несобранный человек, если ты теряешь время попусту, если производство на твоём участке организовано так, что полсмены приходится простаивать в ожи-

дании инструмента, заготовок, материалов, то брак неизбежен.

«Учись работать, береги время» — таков был лозунг ЦИТа, этого требовали задачи революции, этому учил Ленин. Владимир Ильич подчеркивал, что после победы социалистической революции на первый план выдвигается задача «создания высшего, чем капитализм, общественного уклада, именно: повышение производительности труда, а в связи с этим (и для этого) его высшая организация» (В. И. Ленин. Соч., т. 36, стр. 187). Организацию труда на научных основах Ленин считал коренным и злободневным вопросом всей общественной жизни.

И именно для того, чтобы научить людей работать, научить их беречь свое время, в первые же годы Советской власти в стране была создана большая сеть специальных научно-исследовательских организаций, таких, как: ЦИТ, институты и лаборатории НОТ (научной организации труда) на местах, а на самих предприятиях повсеместно возникали ячейки и группы НОТ. Тогда же действовала так называемая «Лига времени». Дотошные общественники ходили по цехам с хронометрами, засекали, где теряются драгоценные минуты, из которых потом складываются часы, тонны недоданной продукции, столь нужной молодому государству.

В те годы научной организации труда были посвящены десятки книг и брошюр, специальные журналы: «Вестник труда», «Организация труда», «Время» и др. Для координации всей этой работы при Наркомате Рабоче-крестьянской инспекции был создан Совет по научной организации труда (СОВНОТ).

Еще в двадцатых годах состоялись две большие конференции по НОТ. На одной из них выступавший с основным докладом В. В. Куйбышев дал четкое и лаконичное определение научной организации труда как «процесса внесения в существующую организацию труда добытых наукой и практикой усовершенствований, повышающих общую продуктивность труда».

С тех пор прошло много лет и, конечно, никак нельзя сказать, что ничего не делалось в этой области в тридцатых, сороковых и пятидесятых годах. Техника и производство неустанно развивались, а рост объема производства и техническая реконструкция неизбежно вели к изменению форм и методов организации труда. Но эта работа велась разрозненно, ее никто не координировал, а главное, она в достаточной степени не подкреплялась научными исследованиями.

Теперь положение коренным образом меняется. Вопросам НОТ было уделено большое внимание на XXIII съезде партии, в Директивах которого по пятилетнему плану выдвинуто требование шире применять методы научной организации труда. В каждой отрасли народного хозяйства выделяются головные институты, которые будут

заниматься изучением и совершенствованием организации труда в отрасли на научной основе. В ряде отраслей уже созданы хозрасчетные фирмы, которые будут проводить эту работу по договорам с предприятиями. На самих предприятиях повсеместно создаются отделы, лаборатории и группы НОТ. Уже в течение 3 лет по инициативе коллектива Уралхиммашзавода на многих предприятиях действуют творческие бригады, занимающиеся разработкой и реализацией планов НОТ на рабочих местах. Вся эта большая работа несомненно поможет повысить продуктивность и качество труда, а, следовательно, и качество нашей продукции.

Понятие НОТ включает в себя множество проблем: техническое нормирование, организация рабочих мест, организация их обслуживания, разделение и кооперация труда, изучение и распространение передовых приемов и методов труда, их распространение через систему производственного инструктажа, физиология и психология труда, улучшение его условий и т. д. Мы не ставим перед собой задачи подробно раскрывать все эти проблемы, а побеседуем о них лишь в связи с качеством и надежностью.

## **Одна из причин брака**

Причин брака, как мы уже знаем, много. И одна из них (причем немаловажная) — утомление рабочего. Ни для кого не секрет, что в конце смены случаев брака больше, чем в начале, в субботу больше, чем в понедельник. Почему это происходит и всегда ли утомление неизбежно? Оказывается, нет.

Люди старшего поколения, да и многие из молодежи, хорошо помнят чаплинский кинофильм «Новые времена». Бродяга Чарли работает на конвейере, он закручивает гайки. Движение ленты — поворот, движение ленты — поворот. Раз-два, раз-два — и так всю смену. Чарли не знает, зачем нужны эти гайки, — он вообще ничего не знает. Он такой же автомат, как сам конвейер, как окружающие его машины. И мы смеемся сквозь слезы, видя, как Чарли, отходя от конвейера, продолжает делать конвульсивные движения руками: раз-два, раз-два, движение ленты — поворот, движение — поворот. Чарли устал, устал именно потому, что труд его не творческий, монотонный, что такой труд не дает никакой радости, никакого удовлетворения, а лишь отупляет человека, превращает его в придаток машины.

Что же конвейеризация — вредное явление и все конвейеры надо уничтожить? Конечно, нет. Конвейер — великое достижение современного производства, средство, позволяющее резко повысить производительность труда, обеспечить необходимый ритм. Но он

же, как мы видели, придает труду монотонный характер, лишает его творческого начала, а значит, работа на конвейере может привести к преждевременному утомлению, к появлению брака.

А есть ли возможность преодолеть эту монотонность, сделать труд интереснее? Практика показывает, что да. Наряду с широким разделением труда сейчас происходит и обратное явление — совмещение смежных профессий. На наших предприятиях многие рабочие по своей инициативе изучают родственные специальности с тем, чтобы выполнять работу быстрее и лучше. В частности, повсеместно возникают получившие широкое признание комплексные бригады, объединяющие рабочих различных профессий. Например, на стройках столицы работают бригады, куда входят монтажники, сварщики, бетонщики, штукатуры, плотники. Каждый дом делится на так называемые «захватки» по две секции в два этажа. Пока монтажники и сварщики ведут работу на одной захватке, на другой работают бетонщики и штукатуры. В случае необходимости бетонщик может подменить штукатура, а монтажник стать у сварочного аппарата. Их труд творческий. Они знают его цель, владеют разнообразными приемами для достижения наилучших результатов.

А вот как поступают в рессорно-пружинном цехе автозавода имени Лихачева. Здесь на сборочном конвейере рабочих время от времени ставят на выполнение различных операций (разумеется, после соответствующего инструктажа). Это повышает интерес к работе, делает ее менее монотонной.

При всякой однообразной работе важно вовремя прерваться, расправить мускулы, дать отдых нервной системе. Для этого служат физкультурные паузы. Но, конечно, и их надо проводить в соответствии с требованиями науки. Вот, например, какое интересное наблюдение сделали ученые-физиологи на Свердловском инструментальном заводе. Здесь, как и на многих других предприятиях и в учреждениях, физкультпаузу проводили по радио в 11 часов дня. Но, оказывается, именно тогда паузы и не надо делать. К этому времени кончается «период вработываемости», человек входит в нужный ритм, его внимание сосредоточено. А вот ближе к концу смены рабочий устает, производительность его падает, внимание притупляется, и контролеру ОТК все чаще приходится откидывать в сторону бракованные детали. Вот тогда-то и надо сделать физкультпаузу.

Таким образом, закручивать гайки совсем не легко, тем более, если мы хотим, чтобы они были хорошо закручены. Но помочь делу можно, и для этого надо шире применять методы научной организации труда.

## Не пора ли вспомнить о „тестах“?

Мы выяснили, как методы научной организации труда помогают бороться с одной из причин брака — производственным утомлением. Но ведь бывают и другие причины. И одна из них состоит в том, что человек просто не способен выполнять ту или иную работу. Могут возразить, что любому делу можно научиться. Но ведь степень совершенства, степень мастерства у разных людей разная. А есть профессии, которые не каждому подходят.

Например, мы знаем, какой строгий отбор проходят летчики, а тем более — космонавты. У водителей наземного транспорта также проверяют зрение, слух, быстроту реакции. А у промышленных рабочих? Когда-то в составе лабораторий НОТ были так называемые «психотехники». Они разработали целую систему специальных упражнений — «тестов», при помощи которых определяли, способен ли человек выполнять определенную работу.

В работах психотехников были и серьезные ошибки, и об их тестах совсем забыли. А зря. Зарубежная, да и наша отечественная, практика показывает, что они могут быть очень полезны.

Вот небольшой пример. Токарю и слесарю надо уметь различать, как пригнаны детали, с достаточной точностью определять расстояние между ними. Психологи предложили такое упражнение: в темной камере устроена раздвигающаяся щель, в которой время от времени появляется зеленоватый свет. Испытуемый должен каждый раз успеть заметить появление света.

Еще важнее подобные испытания для операторов пультов управления сложными автоматизированными агрегатами. Оператору нужно быстро считать с приборов нужную информацию и среагировать на нее. Если он этого не сделает, возможна авария. Но не всякий рабочий, даже самый добросовестный, обладает нужной быстротой реакции, и, значит, не каждый может быть оператором. Несколько позже в беседе о надежности системы «человек — автомат» мы поговорим о конструкциях самих пультов и о возможности их приспособления к восприятию человеком. Здесь лишь подчеркнем, что научная система профессионального отбора — это важная предпосылка научной организации труда.

Большой интерес представляет прибор, разработанный львовским психологом Я. И. Цурковским. Называется он «контролограф». Перед испытуемым помещается экран, на котором время от времени появляются сигналы: различные сочетания геометрических фигур разнообразной формы и цвета, цифры и т. д. На приборе есть клавиши и ножные педали, и, в случае каких-либо отклонений от заданной программы, испытуемый должен нажать на клавиши и педали в определенной комбинации. Такой прибор позволяет оценить бы-

строту реакции, внимательность, собранность человека, а значит, и определить его пригодность для выполнения той или иной работы.

На капиталистических предприятиях подобные тесты сейчас применяют довольно широко. Скажем, приходит человек наниматься на работу. Его испытывают, при помощи специальных приборов определяют его способности и затем выносят приговор: годен или не годен. Мы по такому пути пойти не можем. Когда молодой человек оканчивает школу и вступает в трудовую жизнь, ему надо помочь найти правильный путь, подобрать работу, к которой он наиболее пригоден по своим способностям и склонностям. Речь, таким образом, должна идти не только (и не столько) о профотборе, сколько о профессиональной ориентации работников. И здесь-то могут пригодиться незаслуженно забытые тесты.

### **Хорошо работать надо научить**

Рассмотрим теперь третью причину брака по вине рабочего: человек не устал, настроение у него хорошее, способности к выполнению данной работы есть, но работать как следует он не умеет. Такие случаи еще нередки. Работают, скажем, рядом двое токарей — один новичок, а другой седоусый кадровый рабочий. Первый старается вовсю, спешит, но работа не клеится, и за смену ему удается сделать не 100 деталей, как полагается по норме, а всего лишь 80. Да и детали получаются не те, нет-нет да и запрет: то размер не выдержан, то поверхность получается неровной.

Другой токарь работает спокойно, в одном и том же темпе, вроде бы не торопится, а к концу смены на его счету 120—130 деталей. И все годные, все сдаются ОТК с первого предъявления.

Молодой рабочий окончил школу ФЗО, он знает основы токарного дела, но вот каких-то особых навыков, особых приемов, известных каждому кадровому производственнику, ему не хватает. А именно они позволяют работать и быстро и хорошо. Эти приемы у каждого свои, особенные, один лучше выполняет одну операцию, другой — другую.

Изучение и распространение передовых приемов и методов труда и есть следующая составная часть НОТ.

В свое время этим много занимались работники ЦИТа, а в 1948 году в нашей стране начал широко распространяться так называемый метод инженера Ковалева. К сожалению, в последние годы внимание к этому методу было несколько ослаблено, но сейчас он вновь активно внедряется на многих предприятиях.

В чем же суть метода Ковалева? На каждом заводе, фабрике, в шахте, на стройке есть свои передовики производства и у каждого из них свои приемы, свои методы труда, каждый знает какие-то

особые «секреты», как сделать работу быстрее, а изготавливаемые изделия лучше. Вот Ковалев и предложил: «Давайте детально изучим приемы каждого, разберем их по косточкам, а потом отберем лучшие и обучим их выполнению всех!».

Так, например, поступают на Клинском комбинате химического волокна. Специально созданные комиссии тщательно изучают методы работы каждого передовика, сравнивают их и выбирают лучшие, такие, которые обеспечивают наивысшую производительность труда и наилучшее качество продукции. Затем составляется инструкционная карта с подробным описанием приема, а на рабочих местах оформляют стенды с фотографиями, где показано, как лучше выполнить ту или иную операцию.

Когда этот этап работы закончен, организуются специальные школы, ими руководят инструкторы производственного обучения. Они стараются, чтобы через полтора-два месяца все рабочие овладели лучшими приемами. Опыт лучших становится нормой для всех. Результаты не замедлили сказаться. В 1959 году на комбинате 22% рабочих не выполняли нормы выработки, теперь таких нет.

Методы изучения трудовых приемов также должны быть научными и современными. Так, пользу может принести киносъемка. Средствами кино можно зафиксировать весьма точно действия рабочего при выполнении любой операции. Киноплёнка дает возможность изучить движения рук, ног и корпуса рабочего, скорость его движений, синхронность движений рабочего и органов машины. Потом все это можно наблюдать в замедленном темпе.

Спортивные болельщики хорошо знают, как наглядно киноаппарат в замедленном темпе может продемонстрировать момент взятия ворот, прыжок в воду с трамплина. А на производстве это еще важнее. Смотри, как работает твой старший товарищ, перенимай все лучшее или, наоборот, наблюдая за действиями новичка, найди, где он допускает ошибки, и помоги их исправить.

Богатый опыт производственного инструктажа накопили нефтяники. В Азербайджане перед тем, как новое оборудование поступает на промыслы, его осваивают специальные инструкторские бригады, созданные при нормативно-исследовательской станции. В этих бригадах тщательно изучают все особенности агрегата, учатся быстро собирать и разбирать его механизмы, добиваться максимальной выработки при хорошем качестве работ, а затем разрабатывают инструкционные карты, типовые схемы организации рабочих мест и по ним обучают всех рабочих. В нефтегазовой промышленности уже много таких бригад, и они полностью себя оправдали.

Таким образом, хорошо налаженный производственный инструктаж — это еще одна важная составная часть НОТ, прямо влияющая на качество и надежность продукции.



## **Все начинается с рабочего места**

Важная составная часть НОТ — современная научно обоснованная организация рабочего места. Слесарь Московского завода счетно-аналитических машин, Герой Социалистического Труда Б. С. Егоров говорил, что, глядя на рабочее место космонавта, мы все восхищаемся его продуманностью, рациональностью размещения всех необходимых приборов. А как оборудованы рабочие места слесаря, токаря, многих из тех, кто участвовал в создании корабля «Восток»? Меняются станки и инструменты, которыми пользуются рабочие, меняется характер их труда, а рабочее место остается таким же, как было у наших отцов и дедов.

Кто бывал на заводах, конечно, видел у каждого станка рабочие тумбочки. Они неуклюжи, неудобны, как правило, окрашены в скучные темно-серые тона. А разве это обязательно? Разве цеховая мебель не может быть столь же изящна и удобна, как мебель в наших квартирах?

На Елецком заводе станочной гидроаппаратуры тумбочки у станков заменены сетчатыми открытыми этажерками. Это дало неплохие результаты. Открытую этажерку стыдно захламывать, и рабочие стали содержать инструмент и приспособления в порядке. Подействовал, так сказать, психологический фактор. Правда, закрытые тумбочки все же лучше — в них проникает меньше пыли, а порядок следует соблюдать и там.

Как-то в Колонном зале Дома Союзов состоялся тематический вечер «За красоту труда». В фойе демонстрировался обыкновенный инструментальный шкафчик. Изящный, нежно-зеленого цвета, с полочками в виде секторов, выдвигающихся на шарнирах, он резко контрастировал со своими заводскими собратьями. Естественно, что в таком разумном оборудованном шкафчике легче разместить нужный инструмент, проще его найти и быстрее можно вынуть.

Много интересных работ по организации и планировке рабочих мест станочников, по созданию хороших конструкций цеховой мебели проведено в институте «Оргстанкинпром» и в Рижском Центральном проектно-конструкторском бюро по механизации и автоматизации.

Известно, например, что немало времени рабочий механического цеха обычно затрачивает на поиски инструмента. А его нужно много. Скажем, расточнику за смену требуются десятки различных резцов, попробуй их найди, если весь инструмент лежит в ящике навалом. После долгих поисков и чертыханий ты уже выбился из ритма, устал, начинаешь пороть горячку, а в результате неизбежен брак. В новых конструкциях цеховой мебели ящики плоские, и каждый инструмент лежит на определенном месте.

Кстати, выдвигающиеся полки секторного типа — это не прихоть авторов конструкции. Руководитель отдела НОТ Бердянского завода дорожных машин Г. Г. Михайлов подсчитал, что для того, чтобы выдвинуть ящик обычного типа, набитый инструментом, требуется усилие 30—40 килограммов. Секторный ящик конструкции Михайлова легко выдвинуть одним пальцем. Требуемое усилие — всего 5 килограммов.

Совершенно оригинальный способ хранения инструмента предложил работник Ташкентского завода сельскохозяйственного машиностроения М. П. Егоров. Его стеллаж вообще не похож на мебель. Скорее это книга-великан с деревянными страницами, поворачивающимися на шарнирах, или стенд, на каком в музеях и на выставках обычно демонстрируют рисунки. Здесь все на виду, каждый инструмент сидит в своем гнезде. А главное — компактно, удобно, — перелистывай «книгу» и читай.

Рациональная конструкция мебели дает возможность организовать труд рабочего так, чтобы он как можно меньше отвлекался, чтобы было меньше хождений за инструментом и материалами. На том же заводе дорожных машин в Бердянске созданы специальные поворотные стеллажи с гнездами для чертежей, обрабатываемых заготовок и готовых деталей. Гнезда окрашены в два цвета: желтый и коричневый. Заступая в смену, рабочий знает, что в желтых гнездах ему уже все приготовлено: чертежи с заданием, заготовки, нужный инструмент. Окончив работу, он откладывает готовые задания и ненужную документацию в коричневые гнезда и их уносит подсобный рабочий. Просто? А сколько дорогого времени это позволяет сэкономить!

Вообще регламентированное обслуживание рабочих мест — также необходимое условие НОТ. На многих предприятиях это уже поняли. Здесь созданы графики централизованной доставки материалов, полуфабрикатов, инструмента, ремонтного обслуживания.

Известно, что работать сидя легче, чем стоя. Конечно, не всегда это возможно. Если усилия рабочего не превышают 5 килограммов, то он может работать сидя, от 5 до 10 килограммов — и сидя и стоя, если же свыше 10 килограммов, то надо работать только стоя.

А каким должно быть само сидение? Поставить обычный стул? На многих заводах и фабриках поступают именно так. Но это далеко не наилучшее решение. Ведь инструмент может находиться справа, заготовки — слева, органы управления машиной — сверху и снизу. Вот рабочий и ерзает на стуле. К тому же ножки у стульев делают стандартной высоты — у одного ноги могут не доставать до пола, а другой упрутся коленями в подбородок.

Может быть, физиологу, который первым предложил использовать в промышленности винтовое кресло, эта мысль пришла в

голову где-нибудь в концертном зале, когда он наблюдал за игрой пианиста. Да, именно таким должно быть сидение рабочего — его можно отрегулировать по высоте, на нем удобно поворачиваться во все стороны, не вертя головой и не искривляя позвоночник.

Но заимствовать — не значит слепо копировать. Рабочему нужны еще подлокотники, а пианисту они только мешали бы. Ноги пианиста располагаются на педалях, а рабочему нужна специальная опора.

**Конечно, не следует думать, что правильная организация труда на рабочих местах сводится к подбору мебели и что вообще ее можно ограничить масштабами одного только рабочего места.** Именно такую ошибку допускали на первых порах, когда повсеместно по почину Уралхиммашзавода началось движение за внедрение планов НОТ на рабочих местах. Дело в том, что можно великолепно организовать труд на отдельном рабочем месте, оснастить его красивой удобной мебелью, но если смежники работают плохо, если снабжение материалами и инструментом хромает, если вовремя не произведен ремонт оборудования, то и здесь неизбежны простои, а простои вызывают штурмовщину и брак.

Значит, организация труда на рабочем месте может решаться только в комплексе с общими проблемами организации труда, производства и управления на участке, в цехе и на предприятии в целом.

Помимо цеховой мебели и оргоснастки, каждое рабочее место надо обеспечить современными средствами сигнализации и связи с тем, чтобы рабочий постоянно ощущал общий ритм производства. Очень перспективны в этом отношении различные установки для учета тростоев оборудования: УПИ-1, АКРО и др. На каждом рабочем месте установлен номеронабиратель, напоминающий телефонный диск. В случае остановки станка рабочий набирает шифр причины: нет заготовок, нужен ремонт, отлучился покурить. В то же время на табло у мастера или диспетчера начинает работать один из двух счетчиков, фиксирующих время простоя либо по вине рабочего, либо по вине одной из служб. Одновременно сигнал о простое автоматически передается на табло соответствующей службы: в ремонтный цех, инструментальную кладовую. Каждый знает — коль виноват, будешь расплачиваться, и спешит ликвидировать простой.

Об организации труда на рабочих местах можно рассказать очень много, но мы не будем перегружать внимание читателя. Хотим лишь подчеркнуть, что это первичная ячейка. Именно здесь создается продукция, именно здесь образуется брак и именно отсюда должна начинаться научная организация труда. Нам кажется, что настало время поставить вопрос о том, что НОТ надо проектировать так же, как технологию, как конструкцию машины. Ведь не секрет, что в проектах новых заводов нередко забывают о создании нормальных условий труда. Не секрет, что новый станок нередко

приходится переделывать, так как при конструировании не позаботились о том, чтобы его было удобно обслуживать: например, органы управления расположены в разных местах и для того, чтобы включить или выключить станок, приходится либо тянуться вверх, либо сгибаться в три погибели. Все это сказывается на работоспособности человека и, следовательно, на качестве продукции.

## **Техническая норма—основа НОТ**

В беседе о надежности и экономике мы уже говорили, что часто причиной брака является погоня за количеством, стремление рабочего во что бы то ни стало перевыполнить норму. Норма труда прямо влияет на качество. Если она завышена, установлена без учета технологии, уровня организации производства и труда, квалификации рабочего, то он торопится, допускает отклонения от технологии, в результате чего неизбежен брак. Заниженные нормы также плохо отражаются на качестве: они ведут к нарушению ритма работы, ослаблению внимания и трудовой дисциплины. Иное дело — технически обоснованная норма. Она стимулирует внедрение НОТ, совершенствование технологии, повышение культуры производства, т. е. создает предпосылки для повышения качества продукции. Надо только уметь пользоваться таким сложным и действенным инструментом, как техническое нормирование.

Кстати, если норма установлена в строгом соответствии с действующей технологией и организацией производства, то ее совсем не обязательно намного перевыполнять. Выполнение норм на 150%, 200 и более в большинстве случаев свидетельствует о том, что нормы занижены. Да и производственной необходимости в таком превышении норм нет. Скажем, зачем нужно делать 150 деталей, если на сборку их должно поступить ровно 100?

Опыт передовых предприятий показывает, что правильно организованное техническое нормирование может способствовать повышению качества. Так, в основных цехах Московского шинного завода действуют 310 норм выработки, из них 296 — технически обоснованные. При соблюдении технологических режимов и бесперебойной работе оборудования они могут выполняться на 100—105%. Продукция, изготовленная сверх этой нормы, на заводе не оплачивается. Введено премирование за отсутствие брака, бездефектную сдачу продукции, повышение выхода первосортных шин.

Может быть, это перегиб? Может быть, на заводе шарахнулись в другую сторону и такой порядок приведет к снижению производительности труда? Отнюдь нет. Рабочим высокой квалификации, которые в течение шести месяцев работают без брака, разрешается выполнять нормы на 110—115%. Те, у кого в работе будут обнару-

жены дефекты, этого права лишаются. Эта система применяется уже несколько лет, она позволила значительно повысить качество продукции и полностью себя оправдала.

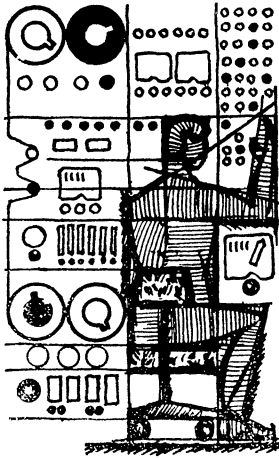
На этом предприятии, да и на некоторых других, система технического нормирования подкрепляется научно разработанной системой премий. Например, на Минском заводе автоматических линий рабочие сборочных цехов и некоторые станочники, занятые на финишных операциях, переведены со сдельной на повременно-премиальную систему оплаты труда. В рабочих нарядах указывают нормированное время, а по итогам работы за месяц определяется выполнение норм. Если план выполнен на 100%, то оплата производится по тарифной ставке сдельщика плюс премия 5% к тарифу за отработанное время. В случае перевыполнения норм размер премии возрастает и достигает максимума при выполнении их на 130%. Сверх этого уровня продукция не оплачивается. Кроме того, рабочие получают премии за бездефектную сдачу продукции.

Укрупненные нормативы включают в себя данные, необходимые для учета качества. Так, нормативы на обрабатываемую поверхность включают данные о времени, затрачиваемом на обработку по 5, 4, 3 и 2-му классам точности.

\* \* \*

Итак, НОТ — важное средство повышения качества и надежности выпускаемой продукции. В своем докладе на XXIII съезде КПСС Л. И. Брежнев сказал: «...многие наши предприятия, к сожалению, все еще серьезно отстают в отношении организации производства, призванной соединить технику и людей в едином производственном процессе. Вот почему в качестве одной из первоочередных народнохозяйственных задач выдвигается вопрос о внедрении на всех наших предприятиях научной организации производства и труда, соответствующей требованиям современного научно-технического прогресса». Претворению в жизнь решений съезда во многом будут способствовать рекомендации состоявшегося в конце июня 1967 года Всесоюзного совещания по организации труда в промышленности.





### НАДЕЖНОСТЬ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕК — АВТОМАТ

#### Самое важное звено системы

До сих пор мы говорили преимущественно о надежности технических устройств. Но ведь машина сама по себе — мертва. Без человека, ее создателя и хозяина, машина бесполезна, даже если она очень совершенна и надежна. В этой беседе мы и поговорим о совместной работе человека и машины, о надежности системы «человек — автомат».

Издавна существовало мнение — была бы машина, а человек к ней приспособится. Так было веками. Создавались новые машины, человек учился на них работать и понемногу приспособлялся к их особенностям и даже к их недостаткам. Это было возможно потому, что техника прошлого была неизмеримо проще, развивалась и совершенствовалась очень медленно.

Иное положение сейчас, в век подлинной технической революции, когда техника развивается, усложняется и совершенствуется невиданными доселе темпами. Все большую роль во всех областях человеческой деятельности начинает играть сложнейшая автоматика. Генеральной линией технического прогресса становится комплексная механизация и автоматизация производства. Человек в этих условиях оказывается уже не в состоянии старыми привычными методами управлять новой техникой.

Как происходит процесс управления? Любые изменения в управляемом устройстве или процессе улавливаются специальными приборами (датчиками) и преобразуются в соответствующие сигналы. Сигналы эти по тем или иным каналам связи передаются на приборы, за которыми наблюдает человек. С помощью своих органов чувств (зрения, слуха) человек воспринимает показания приборов, оценивает их, принимает решение и, в случае необходимости, действует. Действия эти могут быть как самые элементарные (нажатие кнопки, поворот какого-либо переключателя), так и более сложные.

Действия человека вызывают соответствующие сигналы, которые преобразуются, передаются обратно к управляемому устройству и вызывают необходимые изменения процесса.

Казалось бы, все ясно и просто, все стало хорошо: самое тяжелое переложено на машину, а нажимать кнопки не так уж трудно. Но дело обстоит далеко не так и нажимать кнопки порою значительно труднее, чем ворочать ломом.

Современные автоматические устройства могут выполнять операции с головокружительной быстротой, с исключительно высокой точностью. Действия же человека ограничены его психофизиологическими возможностями.

Человеческий род существует около 100 тысяч лет. В течение всего этого времени наши предки имели дело с относительно небольшими скоростями движения. Скорость движения воды в реках, бега животных, на которых охотился человек, полета птиц не превышала обычно нескольких километров, от силы — десятков километров в час. К этим скоростям и приспособлялся нервный механизм человека, его способность к реакции на поступающую извне информацию.

Для того чтобы избежать подстерегавшей его на каждом шагу опасности, действовать наиболее разумно в соответствии с обстановкой, человеку требовалось какое-то время. Это время обусловлено инерционностью чувствительных элементов человека, длительностью доведения нервных импульсов от этих элементов к соответствующим центрам коры головного мозга, периодом переработки полученной информации, необходимым для принятия целесообразного решения, временем доведения нервных импульсов от мозга к исполнительным органам и, наконец, временем срабатывания этих органов.

Среднее время от получения информации до необходимого действия составляет, как показывают опыты, не менее 0,1 секунды. Пока человек имел дело с небольшими естественными скоростями, свойственными окружающей его природе, этой скорости реакции в большинстве случаев оказывалось достаточно.

Сейчас скорости, с которыми нам приходится иметь дело, выросли в сотни и тысячи раз. Современные реактивные самолеты,

как мы уже говорили, летают со скоростью 3 тысячи километров в час. Если навстречу самолету на расстоянии 150 метров вынырнет из облаков другой самолет, то летчики не успеют произвести необходимого маневра, чтобы избежать столкновения. Их реакция оказывается слишком медленной. Произойдет авария. И не потому, что ненадежен самолет или приборы его управления. Ненадежным элементом системы оказывается сам летчик.

С наименьшими скоростями работают сейчас многие автоматические системы. В этих системах непрерывно увеличивается количество объектов, которыми должен управлять человек. Во многих видах производства человеку приходится управлять теми или иными объектами на расстоянии, дистанционно. Будучи лишен возможности непосредственно наблюдать за управляемыми объектами, он вынужден получать информацию об их работе только с помощью приборов. Все это повышает требования, предъявляемые к оператору.

Часто оператор оказывается уже не в состоянии переварить все данные о контролируемых объектах или процессах, своевременно произвести расчеты, отреагировать на поступающие сигналы достаточно быстро и точно. Даже если человек заметит неисправность в работе той или иной системы, он не всегда успеет вовремя принять меры, и может произойти авария. А ведь нужно не только управлять автоматической системой в условиях ее нормальной работы, но и быстро реагировать на все возможные неисправности в работе системы, мгновенно находя выход из положения.

Что же делать? Уменьшить скорости современных производственных процессов или скорости работы технических систем и устройств? Но ведь такое решение означало бы, что мы сознательно тормозим технический прогресс. Правильнее будет использовать для облегчения управления сложными, быстро протекающими процессами средства самой автоматики. Различные системы автоматического регулирования могут сами ликвидировать те или иные неисправности в автоматической линии или процессе — остановить тот или иной агрегат, отключить потребителей и т. д. Это значительно облегчает работу оператора.

Для поддержания надежной работы сложных автоматических систем все более широкое применение находят управляющие вычислительные машины. Они в состоянии сами запускать агрегаты, поддерживать и контролировать режимы работы системы, предупреждать и ликвидировать отдельные аварии и даже сигнализировать о собственной неисправности.

Использование автоматических средств управления привело к тому, что оператору теперь совсем не обязательно во всех случаях получать информацию о частных процессах, происходящих в сложных автоматических системах. Ему достаточно получать информацию



в обобщенном, интегрированном виде, что значительно облегчает управление сложными процессами и системами.

Однако значит ли это, что автоматы могут полностью заменить человека в системах управления? Конечно, нет. Ведь любым, самым совершенным автоматическим устройством, самой сложной машиной, в конечном счете, все же управляет человек. Он их создает и заставляет действовать по заданной программе.

Современные управляющие вычислительные машины в состоянии выполнять не только элементарные, механически повторяющиеся действия. Они могут выполнять и умственную работу — сложные логические операции, решать оперативные задачи, причем делают это лучше и быстрее человека, но при одном условии — если эти задачи могут быть описаны при помощи ясной и недвусмысленной системы правил, называемой алгоритмом.

Но даже самые совершенные системы, так называемые самоорганизующиеся, самообучающиеся, могут, в конечном счете, выполнять только то, что им указывает человек. Стоит по той или иной причине возникнуть ситуации, которая не была предусмотрена программой, и самая умная машина оказывается беспомощной. Самое большее, на что она в таком случае способна, это прекратить работу. Восстановить же нарушенную работу автоматического устройства с программным управлением в состоянии только человек.

В любой системе управления, как самой простой, так и самой сложной, человек и автомат объединены в одно целое. В системе человек — автомат человек является не только звеном, без которого система работать не может. Он — самое важное звено, ибо именно он принимает решения. В то же время человек может оказаться самым несовершенным звеном системы.

Поэтому в условиях широкого применения автоматизации важна не только надежность техники, но и надежность совместной работы человека и автомата. Однако, если автомат можно неограниченно совершенствовать, психические и физические возможности человека имеют свой предел и не могут за короткий срок существенно измениться. В результате, по мере усложнения техники, трудности управления ею возрастают.

Поэтому для того, чтобы обеспечить надежность работы автоматических систем управления, необходимо при их проектировании и производстве максимально учитывать возможности человека.

## **Легко ли нажимать кнопки?**

Ответ на этот вопрос зависит прежде всего от количества информации, требующей переработки. Оператор рельсопрокатного стана, например, командуя сложной системой механизмов и нажи-

мая на соответствующие кнопки и рычаги, делает за минуту около ста движений руками и ногами. Каждое неверное движение может привести к браку многих тонн проката, а иногда и к серьезной аварии.

Каждому ясно, насколько ответствен труд диспетчера железнодорожного узла. Следя за показаниями множества приборов, он должен учитывать все свободные и занятые пути, скорость движения составов и множество других данных, от которых зависит соблюдение графика и безопасности движения на всех участках его узла.

Инженер-испытатель А. Марьянин рассказывал в свое время в «Правде» о последних минутах перед полетом Гагарина в космос. «В пусковой рубке за пультами управления сидели операторы, подтянутые, серьезные, и не спускали глаз с многочисленных приборов, напряженно следя за их показаниями. Пожалуй, у всех операторов пульс подскочил в это время до 100 ударов в минуту, в то время как у Гагарина он был 65 — совершенно нормальный».

Нервная система оператора испытывает большое напряжение, и оно зависит не только от количества поступающей информации, но и от высокой ответственности, которую он несет за нормальную работу системы.

Возьмем какую-либо крупную тепловую электростанцию. Перед панелью с приборами у пульта управления сидит оператор. Управление электростанцией максимально автоматизировано. Задача оператора сводится лишь к тому, чтобы, в случае серьезной аварии, принять меры к быстрейшему восстановлению нормальной работы станции.

И вот оператор сидит и ждет аварии. Сидит день, неделю, месяц... Аварии нет, оператор ничего не делает, но нервная система его постоянно напряжена до предела. Случись что-нибудь, и оператор может растеряться, принять неверное решение.

## **Новая наука—эргономика**

Следовательно, для того чтобы обеспечить надежную работу в системе человек — автомат, нужно создать для оператора благоприятные условия, соответствующие его психофизиологическим особенностям. Не случайно этому вопросу в последнее время начинают уделять все больше внимания. Сейчас не только врачи, но и специалисты по автоматизации вместе с психологами изучают возможности человеческого организма, его нервной системы, исследуют, как и куда идут сигналы по его нервным волокнам, пытаются установить их периодичность и взаимосвязь.

Появилась уже новая отрасль науки, которая изучает взаимо-

действие человека и машины. Называется она «эргономика», от слов «эргон» — работа, и «номос» — закон. Первоначально задача инженера, занимающегося вопросами эргономики, сводилась к улучшению характеристик отдельных элементов системы управления, например, к созданию более удобных индикаторов, к разработке более простых и удобочитаемых шкал отсчета, более доступных переключателей. Сейчас уже ищут ответы на такие вопросы: какое количество информации может воспринять и переработать человек в единицу времени, в какой форме лучше передавать эту информацию, с какой частотой должны следовать сигналы, чтобы они были точно восприняты, как оформить органы управления, чтобы обеспечить требуемую скорость реакции?

Возможности оператора, как звена системы человек — автомат, ограничены: в каждый данный момент он может воспринимать только один сигнал. Поэтому объем поступающей информации должен строго соответствовать времени, которое оператор может затратить на ее переработку. Как избыточное количество поступающей информации, так и ее недостаточность могут снизить надежность работы оператора. На одном крупном газопроводе для повышения производительности увеличили количество приборов на пульте управления вдвое. Конструкторы решили, что чем более полную информацию будет получать диспетчер, тем он лучше сможет управлять процессом. На деле же оказалось иначе — аварии стали происходить чаще, производительность не повысилась, а снизилась. Сказалась перегрузка диспетчеров, которые не успевали проанализировать всю поступающую информацию.

Ну, а если уменьшить количество приборов до минимума и дать возможность оператору отдыхать? Может быть, тогда он будет мгновенно реагировать на все сигналы? Оказалось, что недогрузка вредна так же, как и перегрузка: человек, расслабившись, может стать менее внимательным. Значит, нужно искать оптимальное количество поступающей информации, соответствующее психофизиологическим возможностям человека.

Очень большое значение имеет правильный выбор сигнального раздражителя, особенно если решающую роль играет быстрота действий оператора. Реакция человека на различные виды раздражителей различна. Она колеблется в следующих пределах.

Раздражитель	Время в миллисекундах
Зрительный . . . . .	150—225
Слуховой . . . . .	120—182
Температурный . . . . .	150—240
Болевой . . . . .	400—1000

Показания приборов человек воспринимает, в основном, зрением. Зрительные впечатления, передаваемые через светочувствительную часть глаза, поступают в зрительные центры мозга, где они суммируются и анализируются. Зрение дает нам около 80% сведений об окружающем мире. Естественно, что в надежности управления автоматической системой или процессом зрительно-нервный аппарат человека играет особо важную роль.

Глаз, по выражению одного ученого, это «часть мозга, вынесенная на периферию». Ощущающие аппараты глаза связаны с работой различных элементов нервной системы. Поэтому цвет и свет оказывают сильное воздействие не только на глаза, но и на весь организм, на всю психическую деятельность человека.

Мы уже говорили о том, как цвет влияет на человека в процессе его работы, о том, что цвет активно участвует в производстве. Не менее активно он может участвовать и в процессе управления.

Как известно, красный цвет является наиболее сильным раздражителем зрения. Это свойство используется в сигнализации. Простейший пример — светофор. У нас уже выработался рефлекс — красный сигнал означает опасность, означает, что путь закрыт. То же и на производстве. Если на пульте загорается красная лампочка, то оператор знает — произошли какие-то нарушения процесса, необходимо немедленно действовать.

Вот пример того, как действует цвет на надежность управления. В Дании полицейская экспертиза установила, что из 100 аварий 61 происходит с автомашинами, выкрашенными в темные цвета. И только 6 аварий со светлыми автомашинами. В чем же дело? Во всем виноват человеческий глаз. Оказывается, если черная автомашина движется со скоростью 70 километров в час, то нам кажется, что скорость ее примерно 60 километров и что находится она от нас гораздо дальше, чем в действительности. Если же светлый или яркий, например красный, автомобиль движется со скоростью 70 километров в час, то нам кажется, что его скорость около 80 километров. Конечно, шофер встречной машины, увидев красный автомобиль, успеет принять необходимые меры предосторожности.

Восприятие цвета в значительной степени зависит от угла зрения. Человек в состоянии воспринимать все цвета, когда он смотрит прямо перед собой. С увеличением угла зрения восприятие цвета ухудшается. Тот же красный цвет исчезает из поля зрения в вертикальной плоскости приблизительно под углом в 45 градусов.

Следовательно, если на пульте управления того или иного автоматического устройства индикаторные лампочки и ручки управления будут размещены вблизи горизонтальных или вертикальных границ восприятия соответствующего цвета, оператор, чтобы различать цвета, должен будет поворачивать голову.

Очень важна и острота зрения — способность глаза различать мелкие детали. Она также зависит от угла зрения. Лучше всего человек видит предметы, находящиеся перед ним. Объекты на периферии глаза он видит хуже — острота зрения снижается.

На остроту зрения влияет вибрация. Испытания показали, что вибрация понижает остроту зрения на 25%. На низких частотах больше всего влияет на зрение вертикальная вибрация.

Создание обстановки, действующей благоприятно на зрительно-нервный аппарат человека, — одна из важнейших задач повышения надежности управления автоматическими системами.

Зрение — важнейший, но не единственный канал информации. Специальные опыты показали, что пилот в состоянии управлять самолетом с завязанными глазами при помощи слуха. При повороте увеличивалась интенсивность сигнала, подававшегося в соответствующее ухо. С увеличением скорости увеличивалась частота прерывистых сигналов. Высоту характеризовал тон звука.

Разумное использование звуковых сигналов повышает надежность системы человек — автомат, так как ускоряет восприятие человеком поступающей информации. Звуковые сигналы применяются, но эта палка о двух концах: с увеличением количества сигналов возникает угроза какофонии. Значит, звуковую сигнализацию надо использовать разумно. Ученые, работающие в области технической психофизиологии, подумывают, например, о музыке в качестве сигнализатора.

Очень мало разработан вопрос о возможности использовать для приема информации наши органы обоняния. Между тем, в некоторых случаях этот способ может оказаться очень эффективным. Например, при бурении скважин важно бывает выснить, сработалось ли долото, не вынимая его на поверхность. Как это сделать? Сейчас предложено впаивать в дно долота ампулы с пахучим веществом, которые вскроются при его износе. По запаху, идущему из скважины, оператор узнает, что долото пора менять.

Забываясь о надежности системы человек — автомат, необходимо помнить, что для нормальной работы оператора необходимы тишина, свежий воздух, чистота, хорошее освещение. Не следует забывать и о температуре окружающей его среды. Наиболее благоприятной считается температура 20 градусов с относительной влажностью, не превышающей 50—60%. При температуре свыше 25 градусов ухудшается работоспособность человека, а свыше 30 градусов — его умственная деятельность.

## **Пульт управления—связующее звено системы**

Большое значение имеет конструкция пульта управления автоматическим устройством или процессом, конфигурация и располо-

жение приборов, характер шкал. Ведь именно через пульт управления осуществляется связь между человеком и автоматом.

Американские психологи утверждают, например, что 70% всех авиационных катастроф происходят не из-за отказа моторов, а из-за того, что пилот ошибся, читая показания приборов.

Мы знаем, что, читая, человек не следит за каждой буквой, фиксирует свой взгляд лишь на четвертой-шестой букве, схватывает содержание, просматривая страницу по диагонали.

Опыты показывают, что мы читаем лишь верхние половинки букв, почти не замечая нижних. Но все это лишь тогда, когда в тексте есть смысл. Попробуйте быстро читать бессмысленное сочетание букв — у вас это не получится.

То же самое и при чтении показаний приборов. В их устройстве должна быть определенная логика, иначе их показания будут читаться неизмеримо медленнее, при чтении мы будем чаще ошибаться.

Многочисленные опыты и наблюдения показывают, что иногда даже небольшие изменения (например, изменение формы шкал, расположения приборов на пульте управления и т. д.) значительно повышают скорость и надежность действий человека.

Вот как форма шкалы при прочих равных условиях влияет на ошибки операторов:

Форма шкалы	Ошибки в %
Вертикальная линейная .	35,5
Горизонтальная линейная	27,5
Полукруглая . . . . .	16,6
Круглая . . . . .	10,9
Окно . . . . .	0,5

Какого цвета должны быть шкалы и стрелки приборов? Известно, что рассмотреть черную нить на черном фоне в 2100 раз труднее, чем на белом. Но значит ли это, что всегда и при всех условиях выгоднее делать приборы с черными линиями на белом фоне? Оказывается, нет. Ученые установили, что на большом расстоянии человек точнее воспринимает белые линии на черном фоне, а на маленьком — черные на белом.

Очень важно правильно выбрать расстояния между делениями шкалы, форму шрифта и так называемый модуль оцифровки. Хорошо, когда это единица или десять. Но приборы, которыми оснащены многие нынешние панели, делались в разное время и разными заводами, без какого-либо психофизиологического обоснования и

часто имеют разный модуль оцифровки. Так, на Волжской ГЭС имени В. И. Ленина у приборов самые различные модули — от 0,1 до 0,8. Естественно, что работать с такими приборами оператору значительно труднее. Очевидно, нужна унификация модулей оцифровки на всех приборах.

При большом количестве приборов на пульте управления важное значение имеет положение стрелок. Оператору в большинстве случаев надо не столько прочесть показания приборов, сколько немедленно обнаружить передвижение какой-либо из стрелок за установленные допуски. Опыт показывает, что если стрелки всех расположенных на пульте управления приборов находятся в едином положении (например, все показывают «9 часов»), доска из 45 приборов просматривается меньше чем за одну секунду. Если же стрелки находятся в разных положениях, это требует в 9—10 раз больше времени.

Различные приборы, предназначенные для контроля и управления, должны легко различаться по форме, размеру, цвету, местоположению.

Желательно, если это возможно, чтобы форма органов управления напоминала о их назначении, как это делают в авиации: рычаг выпуска шасси самолета имеет форму колеса, рычаг управления закрылками — форму крыла и т. д.

Иногда, заботясь о красоте приборов, забывают, что это может затруднить пользование ими. Психологи утверждают, что если приборы управления излишне красивы, взгляд оператора задерживается на них дольше, чем требуется, внимание его рассеивается, и он чаще делает ошибки. Поэтому при конструировании приборов следует помнить, что при скромном оформлении их показания читаются лучше.

Как выгоднее расположить приборы на панели управления? Этот вопрос также имеет большое значение.

Визуальные индикаторы должны размещаться в средней части панели. Наиболее важные индикаторы должны быть ближе к уровню глаз, аварийные лампочки располагаться как можно ближе к средней линии зрения оператора. Приборы, за которыми надо наблюдать только при выполнении некоторых операций, могут группироваться дальше от середины панели.

Лучше всего, если приборы размещены по горизонтали, потому что глаз, привыкший к чтению, движется в этом направлении быстрее.

Если ручки управления используются в определенной последовательности, их следует располагать так, чтобы направление движения руки при работе совпадало с направлением от этой ручки к следующей ручке, которую следует повернуть.

Средства регулировки, приводимые в действие одновременно, должны размещаться таким образом, чтобы оператору не пришлось скрещивать или менять руки и чтобы сохранялся обзор всех приборов, находящихся в поле зрения.

При большом количестве органов управления лучше, если возможно, размещать их так, чтобы можно было работать и правой и левой руками. Правая рука должна использоваться для регулировок, требующих точной установки.

Нельзя устанавливать рядом двух ручек управления одинаковой формы — их можно спутать. Во время последней войны в американской авиации участились аварии одной модели самолета. В поисках их причин было проверено все: надежность двигателей, прочность фюзеляжа, безотказность автоматики. В конце концов оказалось, что вся беда была в двух маленьких рукоятках. Назначение их было противоположным, а расположены они были рядом.

Как видите, вопросов, связанных с надежностью системы человек — автомат, много. Их изучение занимает все большее место в науке о надежности и во всей практике конструирования.

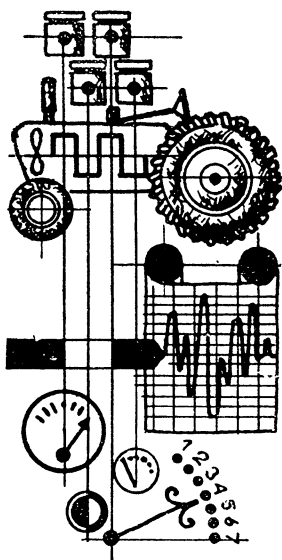




## Беседа 13

---

---



### ОТ РЕКОМЕНДАЦИЙ— К ПРАКТИЧЕСКОМУ ОПЫТУ

#### Едем в Саратов

Читатель вправе уже спросить нас — до каких пор мы будем говорить о том, что и как нужно сделать, когда же речь пойдет о том, что уже сделано, когда же будет рассказ о конкретном опыте, который можно использовать? Что же, желание законное, и мы постараемся его удовлетворить.

В борьбе за повышение качества и надежности все большую роль начинает играть система организации бездефектного изготовления продукции и сдачи ее ОТК и заказчику с первого предъявления. Система эта родилась на машиностроительных предприятиях Саратова и поэтому часто называется «Саратовской системой».

О качестве в последние годы много говорят и для его повышения немало делают. Но что делают? На многих предприятиях эту проблему пытаются решить, проводя отдельные разрозненные мероприятия на разных участках. При таком подходе к делу можно вытащить одно звено цепи и утопить другое.

Заслуга саратовцев состоит в том, что они создали целостную, строго продуманную, научно обоснованную систему обеспечения высокого качества изготавливаемой продукции.

Прежде чем создать свою систему, ее авторы, во главе с талантливым инженером Б. А. Дубовиковым (ныне профессор, заместитель председателя Комитета стандартов), в течение длительного

времени тщательно изучали на многих заводах причины изготовления недоброкачественных изделий. В чем увидели они эти причины?

## **Сколько раз можно предъявлять брак?**

Посмотрим, прежде всего, когда выплывают на свет божий дефекты и кто занимается их выявлением.

Любой производственник не задумываясь ответит: — ну, конечно же ОТК. Да, ОТК. Но ведь качество продукции, как мы знаем, создается в процессе ее изготовления, а не контроля. Мы уже говорили, что как бы тщательно и добросовестно ни работали контролеры, они могут лишь обнаружить дефекты в уже готовой продукции, но не могут в процессе проверки изделий повысить их качество.

А между тем, многие производственники считали, что их дело лишь изготавливать продукцию, а проверять ее, определять ее годность, отвечать за ее качество — задача работников отдела технического контроля. Закончив партию деталей или изделий, рабочие нередко предъявляли ее контролерам ОТК, не проверив качества своей продукции, не устранив дефектов и отклонений от технической документации.

Что же получалось в результате? Изделия предъявляли в ОТК, там обнаруживали в них различные дефекты и составляли специальную дефектную ведомость (в сложных изделиях количество дефектов нередко исчислялось десятками и сотнями). Затем изделия возвращали на доработку и вновь предъявляли в ОТК. Нередко после доработки тот же контролер обнаруживал новые дефекты. Цикл повторялся дважды, а порой и больше.

К этому привыкли, и вместо изучения причины обнаруженных дефектов все внимание сосредоточивалось на их механическом устранении. Но количество дефектов часто бывало столь велико, что исполнитель уже не мог справиться с их устранением без ущерба для текущей программы. Поэтому для доработки изделий на многих предприятиях организовывались специальные бригады, участки и даже цехи.

Таким образом, одни делали дефекты, другие их устраняли, а ответственность за низкое качество продукции нес третий — контролер, который проверял продукцию. Такое положение порождало у многих рабочих, мастеров, начальников цехов благодушие, нетребовательность к соблюдению технологической дисциплины и технических условий, приучало их работать по принципу «авось сойдет».

Многочисленное предъявление продукции ОТК, а во многих случаях и готовых изделий заказчику было легализовано действующими техническими условиями и применяемой технологией. Наличие даже

в повторно предъявляемых изделиях большого количества дефектов приводило к тому, что руководящие инженерно-технические работники предприятия большую часть своего времени вынуждены были тратить на рассмотрение споров о значении того или иного дефекта и возможности приемки изделий с отклонениями от технической документации, вместо того, чтобы сосредоточить все внимание на решении главной задачи — как обеспечить изготовление продукции без каких бы то ни было дефектов.

Но реальна ли вообще такая задача? Многим она казалась, да что греха таить, и сейчас еще кажется, невыполнимой. Однако, тщательно взвесив все «за» и «против», саратовцы пришли к выводу, что добиться бездефектного изготовления продукции и сдачи ее ОТК и заказчику с первого предъявления можно. Но для этого необходима целая система тесно связанных между собой, взаимозависимых воспитательных, организационных и инженерно-технических мероприятий.

### **За качество прежде всего отвечает исполнитель**

Основным, исходным положением такой системы должна быть **полная ответственность за качество продукции самих исполнителей, т. е. рабочих, мастеров, начальников цехов.** Никто лучше их не знает, что ими сделано хорошо, а что плохо, где узкие места, и где может возникнуть брак. Поэтому лучший контролер — сам рабочий, мастер, начальник цеха.

Лучший, но не единственный. Мы сразу хотим сделать оговорку. В крайности впадать не следует, и поэтому попытки вообще ликвидировать аппарат ОТК приносят не пользу, а вред.

Система предусматривает, что каждый исполнитель, прежде чем предъявить ОТК изготовленные им изделия, обязан сам тщательно проверить их качество и устранить все дефекты, все отклонения от чертежей. Только после этого он вправе сдавать продукцию.

Естественно, что добиться этого нелегко. Ведь нужно преодолеть силу привычки людей, заставить их пересмотреть многие свои взгляды. А эти привычки и взгляды очень живучи. Поэтому одних административных мер здесь недостаточно. Необходима большая воспитательная работа, в которой участвовали бы командиры производства, партийные, профсоюзные и комсомольские организации.

Успеху этой работы должна в значительной степени способствовать сама система организации бездефектного изготовления продукции. Достоинство системы состоит в том, что она дает возможность **количественно оценить качество труда каждого исполнителя** в самой простой и наглядной форме. Показателем качества труда

становится **процент сдачи продукции с первого предъявления.**

До внедрения новой системы, как известно, социалистические обязательства пестрели пунктами «улучшить качество», «повысить качество», однако проверить эти пункты было очень трудно. А при наличии указанного выше простого количественного показателя можно ежедневно учитывать качество изготовления продукции каждым рабочим, каждой бригадой, цехом и ежедневно подводить итоги социалистического соревнования.

Важнейшая особенность саратовской системы — неотвратимость ответственности каждого исполнителя за изготовление продукции низкого качества. Как же этого добиваются?

Прежде всего, в корне меняются условия сдачи продукции ОТК. Раньше контролеры, обнаружив в предъявляемых к сдаче изделиях те или иные дефекты, не прекращали приемки, а продолжали ее, разбираювая всю партию и составляя подробные ведомости дефектов по каждому изделию. По новой системе, при обнаружении в предъявленных деталях, узлах или изделиях первого же дефекта, контролер обязан немедленно прекратить их проверку и вернуть всю партию исполнителю на доработку.

Казалось бы, ничего страшного — дорабатывали раньше, доработаем и теперь. Но, оказывается, нет. Предъявить к сдаче партию изделий вторично уже значительно сложнее. Исполнитель должен не только устранить все дефекты, но и объяснить начальнику цеха, почему они возникли. Отдел технического контроля примет продукцию к проверке вторично только в том случае, если в записке начальника цеха указывается, что сделано для устранения дефектов и для исключения возможности повторения их в будущем.

Если и после этого обнаружится дефект хотя бы в одной детали, то начальнику цеха придется объясняться с директором завода. Третье предъявление продукции, отклоненной ОТК, может быть допущено только с письменного разрешения директора предприятия.

Но дело не только в ужесточении условий проверки. Каждый случай возврата продукции, каждый факт нарушения исполнителем требований чертежа и технологии обязательно учитывается и вызывает соответствующие меры воздействия со стороны администрации и общественности. «Авось пройдет» при такой системе уже не годится.

Воспитательная работа при внедрении саратовской системы сочетает материальную ответственность тех, кто изготавливает продукцию с дефектами, с материальным поощрением рабочих, изготавливающих продукцию отличного качества. За сдачу продукции ОТК с первого предъявления исполнителям начисляется денежная премия до 10% к заработной плате; исполнители, чью продукцию ОТК возвращает, премии лишаются.

## **Исполнитель—это не только рабочий**

Однако в появлении брака не всегда виноват рабочий. Причиной дефектов могут быть и ошибки в технической документации, и несовершенство технологии. Расследование каждого случая брака при новой системе позволяет установить его истинную причину и виновника: то ли это халатность рабочего, то ли недоработка технолога, то ли просчет конструктора.

Поэтому, если в основе саратовской системы лежит ответственность каждого исполнителя за качество своего труда, то это относится не только к рабочим, но и к инженерно-техническим работникам, к тем, кто проектирует изделие, разрабатывает технологические процессы, конструирует оснастку, руководит производством.

Иными словами, требование бездефектной работы должно распространяться не только на промышленные предприятия, но и на проектно-конструкторские организации. Однако на первых порах эта совершенно очевидная мысль встречала возражения. Основным доводом был следующий: труд инженера-исследователя, инженера-проектировщика — это труд творческий, требующий поиска, а поиск без ошибок невозможен.

Можно ли признать этот довод справедливым? Нет. Конечно, творческий поиск предусматривает возможность разработки различных вариантов тех или иных решений, часть которых потом будет отвергнута. Но на какой стадии кончается поиск? Авторы саратовской системы совершенно справедливо считают, что в проектной документации, выдаваемой для серийного изготовления изделий, никаких «творческих ошибок» быть не должно. Да и вообще, что значит «творческая ошибка»? Практика показывает, что большая часть ошибок в технической документации — это арифметические ошибки, неправильно указанные размеры, ошибки копировщиц и т. д.

Требование высокого качества отработки технической документации, отсутствия в ней малейших неточностей, неясностей, ошибок, приобретает в условиях применения саратовской системы особое значение. Ведь при ней бездефектными считаются лишь те изделия, которые полностью соответствуют действующей технической документации. Ни одно лицо на предприятии не имеет права дать хотя бы временное разрешение на сдачу детали или изделия, имеющих какие бы то ни было отклонения от утвержденной документации.

Как же строится в проектно-конструкторских организациях работа по новой системе? На всю документацию, подготавливаемую каждым исполнителем, заводится карта учета качества, которая сохраняется на все время использования этой документации. В карте фиксируются все изменения, вносимые в чертеж, и причины этих

изменений. Такие карты помогают учитывать не только количество, но и качество выполненной работы.

Если в чертеже обнаружена хотя бы одна ошибка по вине конструктора, чертеж возвращается на доработку и повторную проверку. Это в корне меняет весь порядок работы. Если раньше исполнитель знал, что за него чертеж доведет руководитель группы, а тот, в свою очередь, мог надеяться на начальника КБ, то теперь исполнитель сам обязан сделать это.

У руководителя освобождается время для творческой работы, а кроме того, он по картам учета может проследить за качеством работы своих подчиненных. Если случаи возврата повторяются из месяца в месяц, то руководитель может поставить вопрос о служебном несоответствии того или иного конструктора.

Распространение требований бездефектной работы на труд конструкторов, технологов и других инженерно-технических работников повышает их ответственность, побуждает их более инициативно и настойчиво работать над качеством технической документации, над совершенствованием технологии, над лучшей организацией всего производственного процесса. А постоянное, систематическое совершенствование производственно-технической базы — одно из обязательных условий успешного применения саратовской системы.

## **„Дни качества“ и система контроля**

Характерная черта системы — повседневный контроль снизу доверху, контроль работы каждого цеха, участка, каждого исполнителя. Для этого разработана четкая система экономических показателей, дающая возможность непрерывно анализировать результаты борьбы каждого цеха за повышение качества продукции. Таких показателей пять:

1) брак в процентах к валовому выпуску — характеризует общее состояние качества изготовления продукции в цехах;

2) возврат продукции отделом технического контроля внутри цеха (количество деталей, узлов и изделий, отклоненных от приемки после обнаружения первого дефекта) говорит об уровне технологической и производственной дисциплины рабочих и мастеров;

3) возврат продукции из цехов-потребителей цеху-изготовителю (количество возвращенных дефектных деталей и узлов) характеризует требовательность и качество работы отдела технического контроля в цехе-изготовителе;

4) сдача деталей и узлов заказчику с первого предъявления (в процентах ко всему предъявленному количеству) характеризует качество продукции, изготовленной в цехах;

5) сдача окончательно собранных изделий заказчику с пер-

вого предъявления (в процентах к предъявленному количеству). Это общий показатель качества продукции, выпускаемой предприятием.

Анализ деятельности всех производственных цехов по перечисленным показателям осуществляется руководством предприятия на еженедельно проводимых оперативных совещаниях по качеству продукции с участием общественности. Такие совещания на многих предприятиях получили название «день качества». На них разбираются наиболее серьезные случаи изготовления бракованных изделий, факты нарушения технологических процессов и отклонения продукции отделом технического контроля, возврата деталей и узлов цехами-потребителями.

За день до общезаводского «дня качества» во всех цехах проводятся свои цеховые «дни качества», на которых начальники цехов анализируют работу производственных участков за минувшую неделю. В бригаде (на участке) еженедельно заполняются и вывешиваются «показатели бездефектного изготовления и сдачи продукции с первого предъявления каждым рабочим».

«Дни качества» отличаются от проводившихся раньше совещаний тем, что общие рассуждения о качестве продукции, отвлеченные оценки работы цехов, вроде: цех работал «хорошо», «плохо», «улучшил» или «ухудшил» свою работу, заменяются рассмотрением и анализом конкретных, числовых показателей работы каждой бригады, участка, цеха по обеспечению требуемого качества продукции и сдачи ее с первого предъявления. Это делает «дни качества» несравненно более эффективными, чем прежние совещания.

Может возникнуть вопрос: не умаляется ли при новой системе роль отделов технического контроля? Отнюдь нет, наоборот, она значительно возрастает, но характер работы ОТК коренным образом меняется. Если раньше работа контрольного аппарата сводилась, в основном, к разбраковке готовых изделий, то теперь главное внимание уделяется проверке качества работы людей, изготавливающих эти изделия, и условий, в которых производится продукция.

## **Саратовская система—не палочка-выручалочка**

В настоящее время саратовская система с успехом применяется более чем на пяти тысячах различных предприятиях, по ней уже работает свыше пяти миллионов рабочих. Ее высокая эффективность проверена и подтверждена жизнью. Однако тщательное изучение опыта предприятий показывает, что она дает реальные и ощутимые результаты повышения качества продукции только тогда, когда ее сущность и значение правильно поняты руководством и общественными организациями предприятия, когда перед ее внедрением

проведена тщательная подготовительная работа, когда внедрению системы сопутствует массовая, повседневная воспитательная работа с непосредственными исполнителями.

К сожалению, наряду с серьезным, вдумчивым отношением к внедрению саратовской системы встречаются случаи поверхностного, легкомысленного отношения к ней. Допускаются принципиальные ошибки при ее практическом применении.

Некоторые руководители предприятий рассматривают эту систему как какую-то волшебную палочку-выручалочку, применение которой само собой исключает возможность выпуска недоброкачественной продукции. Они считают, что достаточно издать приказ о переходе предприятия на работу без дефектов, и дефекты сразу же исчезнут как по мановению этой самой волшебной палочки.

Нередко еще повседневную, кропотливую работу по повышению качества продукции подменяют компанейской шумихой, формально провозглашают саратовскую систему введенной, проводят митинги или общие собрания, обновляют плакаты и... спокойно продолжают работать по старинке. У нас не перевелись еще деятели, которые любят говорить о массовости, но если разобраться, то массовость-то оказывается на бумаге, в отчетах, а не на деле.

Ногинский завод топливной аппаратуры получал большое количество рекламаций на свою продукцию. Узнав об опыте саратовцев, ногинцы решили ввести такую же систему у себя. Однако первые же результаты показали, что поток брака на сборке не только не уменьшился, но наоборот, вырос. Виновата ли в этом саратовская система? Конечно, нет. Все дело оказалось в том, что руководители завода, не изучив сущности и условий успешного применения системы, не расчистив ей дорогу, не проведя необходимой подготовительной работы, понадеялись на нее, как на панацею от всех бед.

Естественно, что при неумелой организации труда и плохом состоянии оборудования, которые были в то время на заводе при систематической штурмовщине, когда в последнюю декаду выполнялось свыше 50% месячной программы, переход завода на работу по новой системе оказался чисто формальным и ничего хорошего дать не мог.

## **Еще раз о „стрелочнике“**

На заводе, где впервые была разработана и внедрена новая система, после тщательной проверки действующей технической документации в нее было внесено около 18 тысяч уточнений и изменений. На Людиновском тепловозостроительном заводе, перешедшем на работу по саратовской системе, за год было пересмотрено свыше 2 тысяч технологических операций, и многие из них, как



устаревшие, были заменены новыми, более прогрессивными. И это было необходимо, ибо в ряде случаев причиной дефектов оказывалась не небрежность исполнителя, а неудовлетворительное состояние оборудования, несовершенство технологии, неточность в технологической документации, недостатки в организации производства.

На Новосибирском станкостроительном заводе были расточные станки, паспортными данными которых предусмотрено биение шпинделей с отклонением до 0,07 миллиметра. По государственному же стандарту параметры гильз для тракторов, выпускаемых заводом, должны выдерживаться по овальности и конусности в пределах 0,02 миллиметра. Естественно, что брак при работе на таких станках очень велик, и в этом нельзя было винить одних рабочих.

На заводе «Саратовдизель» фаску клапана обтачивали наиболее опытные, квалифицированные рабочие. И тем не менее до 20% клапанов возвращалось на переделку или браковалось. До введения системы организации бездефектного изготовления продукции причины брака на этой операции не изучались. Рабочим лишь повторяли: «Возьмитесь как следует, все зависит только от вас!» При переходе на работу по новой системе решено было тщательно проанализировать причины брака. Технологи пришли к выводу, что на токарном станке эту операцию нельзя хорошо выполнить. Требуемую точность можно обеспечить только шлифованием. Приспособили для обработки фаски шлифовальный станок — и брак прекратился.

Но везде ли так тщательно изучаются причины брака и заботятся о создании условий, исключающих возможность его возникновения? К сожалению, нет.

Главная инженерная задача при введении новой системы в том и состоит, чтобы исключить саму возможность возникновения дефектов, создать такие условия, при которых нарушение технологии стало бы просто невозможным, максимально механизировать и автоматизировать процесс производства.

Тракторы Липецкого завода Т-40 и Т-40А по своим основным характеристикам отвечают современным требованиям. Однако от потребителей часто поступали жалобы на отдельные дефекты, многие из которых зарождаются на сборочном конвейере. А почему так происходит, нетрудно понять, если ознакомиться со статьей в газете «Липецкое знамя» от 21 мая 1965 года: «С утра сборщики томятся в ожидании узлов и деталей. С трудом им удается до обеда собрать 10—12 тракторов. Зато во второй половине дня они, что называется, «парятся». Детали из механических цехов подвезли, значит надо как-то вытянуть сменное задание — за три с лишним часа собрать 20—25 машин. Сделать это можно только за счет увеличения скорости конвейера».

Вот и посудите сами, кто же несет ответственность за дефекты тракторов? Система? Сами рабочие? Пожалуй, кто-то другой, тот, кто отвечает за организацию производства в целом. Так кто же в данном случае стрелочник?

Штурмовщина — наиболее яркое проявление плохой организации производства. Без хорошей организации производственного процесса, без постоянного совершенствования производственно-технической базы любые декларации о введении саратовской системы останутся пустым звуком.

Итак, саратовцы утверждают, что без дефектов работать можно. Можно, но умеючи. И, конечно же, неквалифицированный рабочий сдать продукцию с первого предъявления не может. Значит, при внедрении системы особое значение приобретает повышение квалификации рабочих. Поэтому на большинстве заводов, перешедших на работу по саратовской системе, очень много внимания уделяют технической учебе, повышению квалификации рабочих, проверке соответствия знаний каждого рабочего выполняемой им операции, причем практикуется выдача аттестата.

Однако не везде дело обстоит так. На Вильнюсском станкостроительном заводе «Коммунарас», начавшем внедрять саратовскую систему, квалификация рабочих еще значительно отстает от технического уровня производства. Например, у расточников при разряде работ 3,1 средний разряд рабочих составляет 2,1, у строгальщиков соответственно — 2,9 и 2, у шабровщиков — 3,8 и 2,7 и т. д. Казалось бы, техническая учеба на заводе должна быть в центре внимания руководства и общественных организаций. Однако, хотя на заводе и есть кружки техминимума, занятия в них проводятся нерегулярно, посещаемость занятий низкая. Нередко учеников закрепляют за малоквалифицированными рабочими.

## **Как не надо проводить „день качества“**

Автор саратовской системы Б. А. Дубовиков неоднократно подчеркивал, что «дни качества» обязательно должен проводить директор предприятия. Это отнюдь не формальное, а сугубо принципиальное требование. Лишь тогда, когда важнейшие вопросы качества решает сам руководитель, не перекадывая их на подчиненных, можно ожидать наибольшего эффекта от внедрения саратовской системы.

А вот как бывает, если это требование не соблюдается. На Алтайском котельном заводе на одном из «дней качества» не присутствовали ни директор завода, ни главный инженер, ни секретарь парткома, хотя все они находились на заводе. В результате ни один вопрос не был решен до конца, все свелось к пустым разговорам.

Цеховые «дни качества» нередко превращают в совещания цеховой администрации. Так, на Куйбышевском заводе им. Куйбышева в цехе мелких серий в «днях качества» участвуют лишь мастера, технологи, экономисты, а рабочие остаются в стороне, с ними не советуется, к их предложениям не прислушиваются. Это искажает смысл проведения «дней качества», уменьшает их значение.

## **Система пригодна для всех**

Система организации бездефектного изготовления продукции родилась и впервые начала распространяться в машиностроении. Однако опыт показывает, что основные ее положения и, прежде всего, исходное требование — работать без дефектов применимы в любой отрасли промышленности. Между тем, есть еще руководители предприятий, которые боятся новинок и, прикрываясь спецификой своего производства, всячески уклоняются от внедрения этой прогрессивной системы.

Напр мер, директор первого Георгиевского кирпичного завода т. Раснач утверждает, что особенности керамического производства не дают возможности работать без дефектов. Ему вторят отдельные руководители предприятий пищевой и легкой промышленности. Трудно, конечно, поверить, что хорошо сделать сложную машину легче, чем, скажем, кирпич или туфли, но такие разговоры можно слышать нередко. Между тем, среди тысяч предприятий, успешно применяющих систему организации бездефектного изготовления продукции, есть немало заводов и фабрик строительной, пищевой и легкой промышленности.

Конечно, особенности каждого производства учитывать надо. Ткачи, к примеру, в отличие от токарей и слесарей, не пользуются чертежами. Однако это не помешало с успехом ввести саратовскую систему на ткацком производстве Оршанского льнокомбината.

На предприятиях, вводящих у себя саратовскую систему, в нее часто вносят свои дополнения. Например, в механическом цехе Орловского часового завода рабочим выдают детали и заготовки по специальным карточкам. Тем, кто хоть раз допустил брак в работе, детали выдаются только на сменную норму выработки. Тем же, кто систематически сдает всю продукцию с первого предъявления, разрешается перевыполнять норму. Такой порядок нам кажется вполне разумным.

В настоящее время саратовскую систему применяют у нас в стране уже более пяти тысяч предприятий самых различных отраслей промышленности, по ней работают сотни научно-исследовательских институтов и конструкторских бюро. Многолетний опыт приме-

нения этой системы доказывает ее высокую эффективность и большое значение для ускорения технического прогресса, повышения надежности и долговечности промышленных изделий.

Вот почему, обсудив в ноябре 1967 года вопрос об усилении работы по внедрению саратовской системы, Центральный Комитет КПСС обязал все министерства принять меры к ее еще более широкому распространению.

## **Что такое „Канарспи“?**

Авторы этой книги — большие поклонники саратовской системы, но не следует думать, что только в Саратове идут поиски прогрессивных методов борьбы за высокое качество. И не только там есть своя система. На горьковских предприятиях родилась система «Канарспи». Название это трудное и малопонятное, но оно образовалось из первых букв слов: качество, надежность, ресурс с первых изделий. Расскажем коротко об этой системе.

Горьковчане понимают, что чем более тщательно проведены испытания образца и соответственно скорректирована техническая документация в процессе его разработки, тем быстрее и легче будет период его серийного освоения, тем меньше будет каких-либо доводочных работ в процессе производства. Однако они считают, что это условие далеко не всегда практически выполнимо. Отсюда вывод, что серийный завод должен быть приспособлен к выполнению доводочных работ и обладать такой исследовательской, испытательной и конструкторской базой, которая позволила бы ему в предельно сжатые сроки провести все эти работы и уже с первых образцов серийного производства выпускать достаточно надежные промышленные изделия, обладающие требуемым техническим ресурсом.

Горьковская система предусматривает проведение значительных работ в следующих основных направлениях: совершенствование конструкции изделия; совершенствование технологических процессов; внедрение объективных методов оценки качества продукции на всех этапах производства; организация изготовления и приемки узлов и деталей в соответствии с чертежами и техническими условиями; повышение технического уровня эксплуатации.

Горьковчане считают, что работы по повышению качества, надежности и ресурса не должны заканчиваться с постановкой изделия на серийное производство. Их надо продолжать в течение всего срока производства и эксплуатации. Когда начинается массовая эксплуатация, такие работы должны вестись уже на основе всестороннего анализа отказов изделий в реальных условиях их использования.

Заниматься этими вопросами должны службы надежности предприятий, роль которых в системе «Канарспи» особенно велика. Следует напомнить, что в Горьковской области были созданы первые в стране лаборатории надежности на промышленных предприятиях.

Основные положения горьковской системы подробно изложены в брошюре «Канарспи — слагаемые высокого качества», изданной в 1966 году Волго-Вятским книжным издательством (Горький).

По расчетам горьковчан, большие дополнительные затраты, которые необходимы при внедрении их системы на серийных заводах, полностью себя окупают в народном хозяйстве.

## **Опыт москвичей**

О повышении качества продукции думают не только на берегах Волги. Много ценного можно позаимствовать у столичных предприятий. Здесь также разработан целый комплекс мероприятий, направленных на то, чтобы наша продукция не уступала по своему уровню, в том числе по надежности и долговечности, лучшим мировым образцам. Эти мероприятия можно разделить на четыре основные группы.

1. Разработка строго продуманной системы контроля качества проектируемых и серийно выпускаемых изделий с тем, чтобы оно соответствовало лучшим достижениям мировой науки и техники.

2. Непрерывная, в течение всего времени производства изделий, работа по совершенствованию их качества, надежности и долговечности, на основе выполнения разработанных планов инженерно-технических, организационных и воспитательных мероприятий.

3. Повышение роли государственных стандартов, как основного средства воздействия на качество продукции, широкое внедрение нормалей, расширение сферы унификации и т. д.

4. Строгое и неукоснительное соблюдение технологической дисциплины.

Внедрению этого комплекса мероприятий предшествовала большая подготовительная работа, в частности, были проведены общественные смотры технического уровня выпускаемых изделий и технологических процессов.

Около 700 смотровых комиссий, организованных на предприятиях, в конструкторских бюро и научно-исследовательских институтах, дали оценку техническому уровню 10 800 различных изделий, выпускаемых предприятиями Москвы, в сравнении с лучшими отечественными и зарубежными образцами. Смотр позволил наглядно представить себе масштабы предстоящей работы по повышению технического уровня, надежности и долговечности проектируемых и серийно выпускаемых изделий.

В общественном смотре технологических процессов приняло участие более 300 тысяч работников промышленности. Было намечено большое количество мероприятий по совершенствованию применяемой технологии. К 1965 году на московских предприятиях было внедрено около 90 тысяч новых и коренным образом усовершенствованных технологических процессов. Более широкое распространение получили прогрессивные методы точного формообразования на заготовительной фазе производства: литье по выплавляемым моделям, кокильное, под давлением, точные виды штамповки и высадки, сварки; электрофизические, электрохимические и групповые методы обработки; универсально-сборные приспособления, методы точной и чистой финишной обработки, алмазное шлифование и т. д.

Смотр — дело, конечно, хорошее, но это все же единовременная кампания. А для того чтобы технический уровень и надежность наших изделий были постоянно высокими, за ними надо установить повседневный контроль. С этой целью москвичи разработали два документа, обязательных для исполнения: «Техническое задание на проектирование» и «Свидетельство на право серийного производства».

Основная цель первого документа — обеспечить при проектировании нового изделия соответствие его качества лучшим мировым образцам. Без утверждения этого документа организация проектных работ не допускается.

При разработке «Технического задания» учитывается и следующее. Предположим, запроектированное изделие соответствует лучшим образцам. Но ведь образцы-то эти уже существуют в натуре, а наше изделие только запроектировано. Пока его запустят в серийное производство, появятся новые образцы и то, что было принято за эталон, уже устареет. Значит, показатели, закладываемые в «Техническое задание», должны, как правило, превышать показатели лучших современных образцов. Это требование надо иметь в виду на всех стадиях: при утверждении технического проекта, при испытаниях и приемке опытного образца или первой (установочной) серии нового изделия. Протокол утверждения технического проекта или акт приемки опытного образца обязательно должны содержать данные о выполнении каждого показателя, предусмотренного в «Техническом задании на проектирование».

Те же функции несет и второй документ — «Свидетельство на право серийного производства», но, в отличие от первого, он утверждается на ограниченный срок — не больше чем на 1—3 года. Дело в том, что за этот срок серийно выпускаемое изделие может отстать от лучших мировых образцов, ибо техника неуклонно идет вперед. Может обнаружиться и ухудшение условий серийного изготовления данного изделия — нестабильность применяемой техноло-

гии, несоблюдение технологической дисциплины и т. д. Поэтому через назначенный срок требуется продлить «Свидетельство на право серийного производства». При этом заново, по последним данным, проверяется уровень изделия и, если необходимо, его модернизируют. Если выявится необходимость усовершенствования производства, предприятие обязано разработать план этих мероприятий, а «Свидетельство» будет продлено только на срок выполнения намеченного плана.

Систематическая оценка качества изделий при проектировании и в серийном производстве дополняется на московских предприятиях единовременными проверками. Так, в конце 1964 года и в начале 1965 был проведен смотр соответствия серийно выпускаемой продукции лучшим мировым образцам. В ходе смотра заполнялись специальные «карты технического уровня изделий», в которых дается сравнительный анализ показателей качества наших изделий и лучших зарубежных образцов и определяются пути устранения выявленного отставания.

Как мы уже говорили, очень важную роль призвана сыграть информация о поведении изделий в эксплуатации. На большинстве московских предприятий этому уделяют большое внимание. Многие заводы установили хорошие деловые контакты с потребителями своей продукции, например, заводы «Манометр», «Тизприбор», завод тепловой автоматики. Группы по изучению и анализу опыта эксплуатации изделий у потребителей организованы на 39 предприятиях машиностроительной и автомобильной промышленности Москвы.

## **Доводка или совершенствование изделий?**

Документы, о которых мы рассказали, призваны сыграть важную роль в борьбе за высокую надежность и долговечность новых изделий. Ну, а как быть с уже выпускаемыми, если они уступают лучшим мировым образцам? Ведь было бы наивно предполагать, что все их можно сразу, одним росчерком пера, снять с производства и заменить новыми.

В беседе о задачах конструктора мы говорили, что доводку опытного образца по результатам его испытаний следует производить до передачи его в серийное производство. И это правильно. Однако иногда у нас доводку смешивают с модернизацией и улучшением конструкции изделия. А это далеко не одно и то же. Доводка может считаться законченной тогда, когда изделие и его узлы полностью соответствуют заданным техническим характеристикам и требуемому уровню надежности и долговечности. Недоведенное изделие пускать в серийное производство нельзя.

Улучшение и модернизация — это работа над повышением качества, надежности и долговечности изделий сверх требований, установленных в технических условиях. Запуск изделия в серию не означает, что прекращается его совершенствование. Улучшать машину надо до тех пор, пока она выпускается.

Первый, важнейший этап решения этой задачи — тщательное выявление слабых звеньев конструкции каждого изделия, несовершенных технологических операций, которые приводят к появлению непрочных и ненадежных деталей и узлов, неустойчивых элементов схемы. Конструкторы, технологи и другие работники, ответственные за качество изделий, должны знать эти слабые звенья, ибо без этого они не могут наметить четкой программы повышения качества изделия.

Выявив наименее износостойкие детали, лимитирующие срок службы узлов и всей машины, надо определить основные причины, из-за которых деталь выходит из строя, характер и вид износа. По полученным данным строят кривые распределения сроков службы изучаемых деталей.

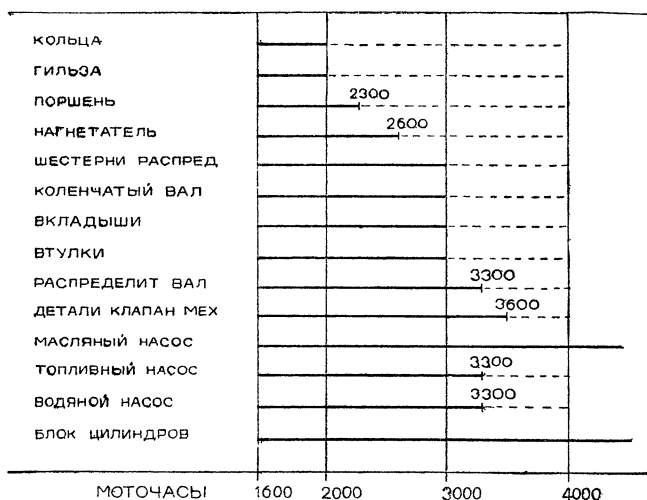


Рис. 5. Срок службы деталей двигателя ЯМЗ — М/204А.

Изучение надежности и сроков службы каждой детали можно вести различными способами. На горьковском станкостроительном заводе, например, буквально на каждую деталь заведена «карточка надежности», в которую заносятся результаты всех проверок, а также все прочие данные, касающиеся работы этой детали.



Следующий этап — определение мероприятий, необходимых для повышения сроков службы наиболее слабых деталей, с использованием для этого упрочняющей технологии.

Очень интересная работа по увеличению и унификации сроков службы деталей изготавливаемых моторов проведена на Ярославском моторном заводе. Изучение сроков службы (в моточасах) деталей двигателя ЯМЗ-М/204А дало следующую картину. (см. рис. 5).

Пунктиром на графике показаны пределы необходимого упрочнения более слабых деталей и увеличения сроков их службы для обеспечения заданного моторесурса двигателя.

Аналогичная работа проводится и на некоторых ленинградских предприятиях. Л. Я. Шухгальтер в своей лекции, прочитанной для участников Всесоюзного семинара по вопросам качества и надежности промышленных изделий, приводил следующий пример. На заводе «Вибратор» для повышения ремонтпригодности перфораторов ПР24Л и увеличения общего срока их службы все детали были разбиты по срокам службы на соответствующие группы (см. таблицу, стр. 161). До капитального ремонта перфоратора, планируемого после 1200 часов его работы, намечается проведение 11 профилактических ремонтов. Каждому из этих ремонтов соответствует свой набор сменных деталей. Например, при ремонте, выполняемом через 600 часов от начала эксплуатации перфоратора, необходимо заменить детали со сроками службы в 150, 200, 300 и 600 часов.

Таблица показывает, что завод мог бы значительно сократить число ремонтных циклов, если бы сумел повысить срок службы детали № 4 с 200 до 300 часов и детали № 6 с 400 до 450 часов. В этом случае все используемые детали имели бы сроки службы кратные 150 часам (300, 600 и 1200 часов), в результате чего отпала бы необходимость во втором, четвертом, восьмом и десятом ремонтах, и общее количество планируемых профилактических ремонтов сократилось бы с 11 до 7.

### **Использовать все возможности**

На некоторых предприятиях в борьбе за повышение срока службы узлов и деталей выпускаемых машин, за повышение их общего моторесурса широко используют предложения потребителей, а также творческую мысль заводских изобретателей, рационализаторов, новаторов производства. Поучителен в этом отношении опыт Азовского завода кузнечно-прессового оборудования.

Коллектив завода считал, что для повышения надежности и долговечности выпускаемого оборудования, необходимо, прежде всего, хорошо знать, как ведет себя это оборудование в реальных условиях эксплуатации, какие при этом обнаруживаются недостатки и недочелки. На заводе справедливо полагали, что часто именно эксплу-

## Смена деталей при профилактических ремонтах перфоратора ПР24Л

№ п/п	Наименование деталей	Срок службы в часах	Межремонтное время в часах													Капит. рев.			
			Номера ремонтов																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11						
1	Трубка для воды . . . . .	150	×							×									×
2	Пружина собачки . . . . .	150	×		×					×									×
3	Гайка спиральная . . . . .	150	×		×					×									×
4	Собачка . . . . .	200					×			×									
5	Поршень-ударник . . . . .	300								×									
6	Букса поворотная . . . . .	400					×												
7	Верхняя поворотная букса . . . . .	600							×										
8	Букса храповая . . . . .	600								×									
9	Болт стяжной . . . . .	600								×									
10	Стержень храповый . . . . .	600								×									
11	Буродержатель . . . . .	600								×									
12	Костыль . . . . .	600								×									
13	Букса направляющая . . . . .	600								×									
14	Кран воздушный . . . . .	1200																	
15	Ствол . . . . .	1200																	
16	Вилка и др. . . . .	1200																	

атационники могут предложить наиболее рациональные пути улучшения конструкции и технологии изготовления оборудования.

Поэтому в конце опросных листов об эксплуатационной надежности, которые были составлены и разосланы заводам, использующим изделия Азовского завода кузнечно-прессового оборудования, было такое обращение:

«Учитывая огромную важность, которую партия и правительство придадут решению проблемы надежности, просим ответы на вопросы и возвращение опросной документации взять под особый контроль. Предложения работников вашего завода по улучшению конструкций машин или созданию узлов, представляющие особую ценность, могут быть оформлены в виде рационализаторских предложений».

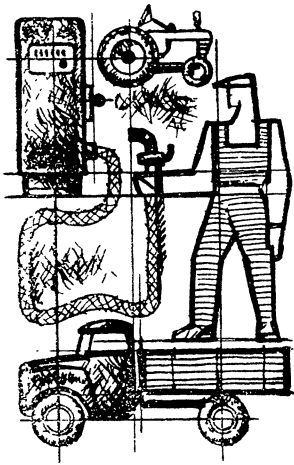
Это обращение не замедлило дать результаты. Наряду с указаниями на те или иные недостатки оборудования, начали поступать и предложения, как улучшить конструкцию отдельных узлов и деталей. Так, из Джамбула сообщили, что необходимо усовершенствовать предохранительную шайбу прессы Б-132; был приложен и эскиз новой конструкции этой шайбы. Эскиз был рассмотрен на заводе, одобрен и по нему было решено изготовить новый образец шайбы.

Наибольшее количество замечаний было получено по листогибочному прессу Б-132. Тогда на заводе, по решению администрации и партийной организации, был объявлен внутривзаводской конкурс на улучшение его конструкции. Вскоре в заводское бюро надежности начали поступать предложения.

Для того, чтобы быть уверенными, что выпускаемые нашими предприятиями изделия не уступают (в том числе и по надежности) лучшим образцам мировой промышленности, каждый завод должен в совершенстве знать все технические характеристики и показатели этих образцов, а еще лучше иметь эти образцы в натуре, чтобы можно было проводить их сравнительные испытания с нашими изделиями.

На многих предприятиях такие образцы есть. Например, на Ярославском моторном заводе под постоянным наблюдением конструкторов находится около ста дизель-моторов иностранного производства. Это двигатели фирм «Татра», «Шкода», «Чепель», «Австро-Фиат» и др. Они испытываются в одинаковых условиях с нашими моторами, поэтому на основе полученных данных можно дать объективную оценку выпускаемых заводом двигателей.





## МАШИНА СДЕЛАНА— ЭСТАФЕТА ПРОДОЛЖАЕТСЯ

### Машина любит ласку, чистку и смазку

Так любил говорить один старый мастер. Хорошая поговорка! В ней залог успешной, надежной работы. Конструктор спроектировал совершенную машину. Заводские технологи, мастера, рабочие сделали ее на совесть. А дальше все зависит от того, в чьи руки попадет эта машина. Эстафетную палочку принимают эксплуатационники

Как бы надежно ни было изделие, поступающее к потребителю, оно требует правильной эксплуатации, заботливого ухода, своевременной профилактики и ремонта. Если эти условия не соблюдаются, изделие будет и ненадежным и недолговечным.

Что может быть сложнее ракетной техники? Но вот как писал по поводу ее надежности в газете «Красная звезда» первый заместитель главнокомандующего ракетными войсками Советской Армии генерал-полковник В. Толубко:

«Иногда встречается узкое толкование понятия надежность. Некоторые товарищи склонны считать, что надежность ракетных систем зависит целиком от их конструктивных особенностей и технологии производства. Подобные взгляды — явное заблуждение. Надежность имеет две стороны — техническую и организационную. Первая действительно решается нашей промышленностью, которая создает превосходное по своим качествам ракетно-ядерное оружие.

Что касается второй стороны — эксплуатации ракетной техники, ее сбережения, поддержания в постоянной боевой готовности, то здесь все зависит от войск».

Это справедливо не только для военной техники, но и для любых других технических устройств и изделий.

Причины, которые могут привести к снижению надежности и долговечности технических изделий в эксплуатации, бывают объективные и субъективные. К первым относятся влияние температуры, влажности, агрессивной внешней среды, вибрации. Ко вторым — несоблюдение правил эксплуатации и ухода за машиной, низкая квалификация обслуживающего персонала.

Конечно, не считаться с объективными причинами нельзя. Известно, что одни и те же машины в разных климатических условиях ведут себя по-разному. Но еще большее влияние на надежность и безотказность работы машин, аппаратов, приборов может оказать небрежный уход за ними, нарушения правил эксплуатации. Опыт показывает, например, что при отсутствии надлежащего ухода направляющие токарного станка изнашиваются в 2—3 раза быстрее и во столько же раз сокращается срок службы станка до ремонта.

Экспериментальный научно-исследовательский институт металлообрабатывающих станков детально изучил причины примерно 1500 аварий и поломок станков. Было установлено, что в большинстве случаев они являются результатом неправильной эксплуатации, в частности, несвоевременной смазки, перегрузки.

Срок службы сельскохозяйственных машин значительно снижается из-за того, что во многих колхозах и совхозах их своевременно не смазывают, не проверяют креплений, не очищают рабочие органы от грязи, не затачивают режущие элементы. Средняя долговечность сельскохозяйственных машин при проведении эксплуатационных испытаний под наблюдением специалистов гораздо выше долговечности при эксплуатации. Так, срок службы до капитального ремонта двигателей тракторов ДТ-54 на испытательных станциях НАТИ был в 2—3 раза выше среднего срока службы в условиях обычной эксплуатации.

Во многих колхозах и совхозах такая сложная и дорогая машина, как комбайн, нередко доверяется людям, не имеющим представления о ее устройстве. Почему водители автомашин, прежде чем сесть за руль, должны сдать экзамены на получение водительских прав, а обслуживать комбайны зачастую поручают неподготовленным к этой работе людям?

Да и у водителей автомобилей разница в квалификации сказывается на сроке службы машины. Если водитель бережно обращается с двигателем автомобиля, предохраняет его от остывания, разогревает перед пуском — это снижает износ двигателя в не-

сколько раз даже при эксплуатации в самых тяжелых зимних условиях.

Опытные рабочие на деле показывают, как нужно ухаживать за станком, как «выжимать» из него все, что он может дать, причем выжимать не варварски, а по-хозяйски, бережно относиться к вверенной технике.

Фрезеровщик одесского машиностроительного завода «Красная гвардия» т. Схабо более пятнадцати лет работал на одном станке. Станок этот выглядел, как новый. Фрезеровщик Уральского вагоностроительного завода т. Ширманов добился того, что производительность его станка значительно перекрывала проектную мощность.

Таких примеров можно привести тысячи. Однако встречаются еще и такие рабочие, которые не берегут свой станок. Эти люди забывают, что каждый станок — результат труда большого коллектива, что плохим уходом за станком они сводят на нет работу сотен своих товарищей.

Нельзя оставлять без внимания ни одного случая небрежного, халатного отношения к технике. Рабочий должен помнить, что каждая минута простоя станка из-за плохого ухода за ним ведет к большим потерям, что эти потери приносят огромный ущерб государству.

## **Паспорт—зеркало станка**

Это хорошо знают производственники. Чем лучше составлен паспорт, чем он подробнее, тем легче пользоваться станком и содержать его в порядке. Для правильной эксплуатации технических устройств нужно, чтобы обслуживающий их состав хорошо знал правила ухода за ними. Поэтому большое значение имеет качество технической документации, прилагаемой к аппаратуре (инструкции по эксплуатации, описание). Особенно это важно для радиоэлектронной аппаратуры бытового назначения.

Телевизоры, радиоприемники, радиолы, которых с каждым годом выпускается все больше и больше, представляют собой сравнительно сложные технические устройства. А пользуются ими лица, не обладающие в большинстве случаев необходимыми познаниями в области радиоэлектроники.

В этом отношении радиоэлектронная аппаратура находится в значительно менее выгодном положении, чем, скажем, автомашины, мотоциклы или мотороллеры. Ведь любой человек, приобретая автомашину или мотоцикл, получает право пользоваться им (водительские права) лишь после того, как Госавтоинспекция тщательно проверит его знания как по технике вождения машины, так и по правилам ухода за нею.

Когда же человек покупает телевизор, радиолу или магнитофон, никакая инспекция не проверяет познаний его в области радиоэлектроники и никаких специальных разрешений на право пользования приобретенной аппаратурой не дает. И это понятно: неумелое пользование автомобилем или мотоциклом может повлечь за собой человеческие жертвы. При выходе же из строя телевизора страдает только его владелец.

Техническая документация, прилагаемая к радиоэлектронной аппаратуре, является обычно единственным руководством для владельцев этой аппаратуры. Поэтому очень важно, чтобы эта документация была подробной и доходчивой, содержала необходимые схемы, понятные каждому указания и советы о том, как пользоваться аппаратурой, хранить и беречь ее.

Конечно, в паспорте телевизора или стиральной машины не может быть указаний, как их ремонтировать. Ремонт — дело сложное и выполнять его может только специалист. Однажды в техническое издательство пришел автор с рукописью «Как самому отремонтировать часы». Написана рукопись была интересно, популярно, доступно для каждого. Но издатели задумались: а нужно ли печатать такую книгу? Ведь если каждый начнет ковыряться в своих часах, то это все-таки принесет не пользу, а вред.

Однако есть такие вещи, которые каждому следует знать. Практика показывает, что в большинстве случаев радиоэлектронная аппаратура бытового назначения выходит из строя вследствие неточной установки напряжения (прибор, рассчитанный на 120 вольт, включают в сеть на 220), нарушения правил включения и выключения аппаратуры, неправильной установки органов управления и регулирования, применения самодельных предохранителей и т. д. А происходит это от незнания, отсутствия достаточно подробной технической документации или в результате неумения ею пользоваться.

## **О скрипучих дверях и „горящих“ подшипниках**

Смазка — одно из главных условий эксплуатационной надежности. Она имеет значение повсюду. Если не смазать дверные петли, то дверь будет скрипеть, действуя вам на нервы. Если не смазать вовремя втулки велосипеда, то у него будет тяжелый ход. В более сложных машинах неполадки в системе смазки могут вызвать аварии, вывести из строя ответственные узлы.

Попробуйте, например, прекратить подачу масла к шпинделю шлифовального станка. Это приведет, во-первых, к порче подшипников, а во-вторых, шпиндель будет так нагреваться, что на его поверхности появятся трещины, и он выйдет из строя.

Организация смазочного хозяйства — важнейшая составная часть организации производства.

Хороший пример в этом отношении показывают работники комбината «Трехгорная мануфактура» в Москве. Смазчики там имеют специальные шкафы, установленные на видных местах. Для каждого сорта масла выделена специальная посуда. В местах трения машин есть указания о том, когда и какую смазку надлежит применять. Эти весьма несложные меры помогли улучшить техническое состояние оборудования, повысить надежность его работы.

Но даже хорошая организация, строгое соблюдение режимов смазки не дадут желаемого эффекта при низком качестве смазочных материалов. А оно зачастую оставляет желать много лучшего. Автомобилисты знают, что обычное масло в моторе надо менять через 1,5—2 тысячи километров, лучшее масло — через 6—7 тысяч километров, а ведь есть сорта, которые можно заменять через 15—20 тысяч километров пробега.

Отсутствие высококачественных смазочных материалов нередко становится тормозом технического прогресса. Заместитель главного конструктора автозавода имени Лихачева т. Зарубин сообщил на одном из совещаний по вопросам повышения надежности и долговечности изделий, что на заводе была сконструирована новая коробка скоростей, которая выгодно отличалась от всех существующих. Однако для ее работы требовался не обыкновенный нигрол, а смазочные материалы более высокого качества. Из-за их отсутствия запуск в производство новой коробки скоростей был задержан.

Даже при наличии хороших смазочных материалов их не всегда правильно используют. Узлы станков, требующие масел разной вязкости, смазывают одним маслом, очень редко применяют различные присадки, масло плохо очищают. Между тем, как показали испытания бензиновых двигателей и дизелей при низких температурах, правильный выбор сорта масла в несколько раз сокращает их износ.

Но что значит правильный выбор смазки? И кто должен выбирать? Может быть, каждый станочник или водитель автомашины должен взять батарею масленок и экспериментировать?

Конечно, нет. Сорт смазки зависит главным образом от скорости относительного скольжения трущихся деталей и нагрузок, действующих в сопряжениях. Чем выше скорость и чем меньше удельное давление в сопряжении, тем, как правило, меньше должна быть вязкость масла. Для прецизионных станков обычно выбирается менее вязкая смазка. А выбрать должен конструктор на основе строго научного анализа. И рекомендации по смазке должны быть приведены в паспорте машины.



Поскольку в станках много пар трения, работающих при разных скоростях и нагрузках, а применение различных смазок усложнило бы эксплуатацию станка, обычно используют один, иногда два сорта масла, исходя из средних условий работы станка.

То же самое относится и к топливу. Произвольная замена сорта смазки или топлива, а также употребление смазки и топлива с повышенным содержанием различных примесей могут значительно ускорить износ машин и их деталей. Опыт эксплуатации автомобилей показывает, что при повышении содержания серы в дизельном топливе с 0,1 до 0,5% износ цилиндров и поршневых колец дизеля увеличивается на 20—25%; при повышении содержания серы до 1% их износ возрастет в 1,5—2 раза.

Большое влияние на износ машин оказывает загрязненность топлива и смазок механическими примесями. В ходе эксплуатации грузовых автомобилей и автобусов было установлено, что средний срок службы дизелей в грузовых автомашинах составляет около 200 тысяч километров, а срок службы таких же дизелей в автобусах — около 470 тысяч километров. Оказалось, что в автобусных парках есть специальные цистерны для отстоя топлива, благодаря чему количество механических примесей в топливе резко сокращается.

Важно не только чем и когда смазывать машину, но и как ее смазывать. Часто на заводах нарушают предусмотренные инструкцией правила смазки. Так, в новых токарных станках направляющие полагаются смазывать при помощи насоса, который подает масло из ванны в фартуке. Но даже на московских предприятиях многие рабочие предпочитают поливать направляющие маслом точно так же, как они это делали в старых станках. В результате, если станки имеют хорошие уплотнения, масло почти не попадает на трущиеся поверхности.

Современные высококачественные смазки и присадки, правильное их использование позволяют повысить надежность и долговечность оборудования.

## **Учитывать конкретные условия эксплуатации**

Точное соблюдение общих правил ухода за техническими устройствами необходимо, но обслуживающий персонал должен хорошо знать и учитывать и конкретные условия эксплуатации каждой машины, аппарата, приборов. Удары, вибрация, температура, влажность, радиация, песок, пыль, плесень, шум, коррозирующие жидкости и газы, электрические и магнитные поля — все влияет на работу машины.

Даже самый добросовестный конструктор не может предусмотреть всего. Поэтому особенно важно, чтобы обслуживающий персонал хорошо знал величину, продолжительность и характер действия каждого из перечисленных выше факторов и степень их влияния на надежность работы устройства.

Интересны примеры влияния условий эксплуатации на надежность и долговечность работы автомобиля, а также его узлов и деталей (эти примеры, как и ряд других, использованных в данной беседе, взяты нами из интересной книги Р. В. Кугеля «Долговечность автомобилей», Машгиз, 1961). Например, эксплуатация неспециализированных грузовых автомобилей на тяжелых карьерных работах, при которых требуется длительная езда на низких передачах, приводит к быстрому разрушению коробок передач, задних мостов и подвески. Длительность использования заднего хода на стройках и карьерных работах часто возрастает в несколько раз по сравнению с обычной эксплуатацией, вследствие чего шестерни заднего хода быстро выходят из строя. Езда по извилистым дорогам сокращает срок службы деталей механизма управления. Картеры задних мостов и рамы грузовых автомобилей, достаточно прочные в обычных условиях, быстро разрушаются на экскаваторных работах под действием ударных нагрузок при падении грунта с ковша экскаватора на платформу автомобиля.

В тяжелых условиях работают автомашины, обслуживающие угольные разрезы Кузбасса. Дорог с бетонным и асфальтовым покрытием там нет. Круты спуски и подъемы. В районе разрезов сильно запылен воздух. Идет автомашина, а за нею тянется густой шлейф угольной пыли. Вдобавок ко всему — сильные холода зимой. При проверке двигателей, установленных на мощных автомашинах «МАЗ» и «КрАЗ», было обнаружено, что масляные фильтры их настолько забиты смолистыми отложениями, что по существу не работают. В воздушных фильтрах было обнаружено много угольной пыли.

Различные условия эксплуатации могут сказываться на сроке службы и надежности работы и других машин, аппаратов, приборов.

Так, электродвигателям часто приходится работать при перегрузках. Причин перегрузок много: неисправность механизмов, значительные изменения частоты или напряжения сети, загустение смазки механизмов в холодную погоду, превышение номинальной расчетной температуры окружающей среды в отдельные периоды года и дня, высокая нагрузка в моменты форсирования производственного процесса.

Надежность и долговечность машин, применяемых в угольной промышленности, снижается главным образом потому, что их детали изнашиваются и разрушаются из-за ударной усталости. оборудо-

вание цементной промышленности быстро выходит из строя из-за постоянного воздействия абразивной среды, газов, паров высоких температур.

## **Проблема надежности и капризы природы**

Существенное влияние на надежность и долговечность любого технического устройства, как мы уже говорили, оказывает внешняя среда, в которой ему приходится работать. На необъятной территории Советского Союза машины, аппараты, приборы одних и тех же типов могут работать в самых различных климатических условиях. Их используют и в суровые арктические морозы, и в жарких, почти тропических условиях юга, и в районах с очень высокой влажностью.

В северных районах страны зима продолжается около 300 дней в году, и температура воздуха снижается до минус 50 и 60 градусов; на юге почти нет зимы, и температура воздуха временами достигает плюс 50 градусов; на побережье Черного моря высокая температура воздуха во многих местах сочетается с очень большой влажностью, условия климата приближаются к тропическим; на юго-востоке Советского Союза есть районы, где влажность воздуха очень низка и, в зависимости от времени суток, происходят большие колебания температуры. К тому же многие наши изделия вывозятся в другие страны, в том числе и тропические, где они попадают в еще более сложные условия.

Больше всего на устойчивость и надежность работы технических устройств влияют низкая и высокая температура и влажность. Возьмем, к примеру, автомобили и их двигатели и радиоэлектронные устройства. При низких температурах ударная вязкость металла снижается в несколько раз по сравнению с вязкостью при положительных температурах.

Водитель должен знать, что пуск холодных, непрогретых двигателей вызывает сильный износ цилиндров и поршневых колец. Длительный пуск с использованием подсоса, а также пуск двигателя с застывшим вязким маслом действует особенно разрушительно. Каждый пуск двигателя при температуре минус 10 градусов вызывает такой же износ, как 150 километров пробега прогретого двигателя.

Высокая температура также сокращает срок службы некоторых агрегатов и деталей автомобиля. Так, при температуре воздуха от плюс 40 до 50 градусов температура под капотом двигателя грузового автомобиля доходит до плюс 70—75 градусов, из-за чего ускоряется разрушение проводов высокого напряжения, учащаются пробои крышек распределителей, перебои при нагреве катушек зажигания, короткие замыкания в статорах генераторов. Повышение температуры наружного кольца на 30—40 градусов снижает

долговечность подшипников со встроенными уплотнениями на 30—40%.

Влажность воздуха при высокой температуре и больших ее суточных колебаниях вызывает ускоренное разрушение многих деталей, в первую очередь кузова и кабины, а также деталей, подверженных действию усталости. При воздействии на пружины двигателя влажного морского воздуха предел выносливости падает до ничтожной величины, отчего они часто ломаются.

Еще значительнее воздействие температуры и влажности на радиоэлектронные устройства. При низкой температуре меняются технические параметры таких элементов, как конденсаторы, катушки индуктивности, сопротивления. Иногда эти изменения настолько существенны, что приводят к нарушению нормальных режимов работы всей аппаратуры.

При температуре минус 40 градусов и ниже некоторые элементы вообще отказываются работать, в них происходят физические изменения. Алюминиевые электролитические конденсаторы становятся неэффективными. Кварцы из-за изменения их размеров часто перестают генерировать. Реле плохо срабатывают в результате «залипания» контактов. Аккумуляторные батареи теряют энергию, поэтому необходимо все время следить за тем, чтобы они были заряжены.

Низкая температура разрушает обычную неморозостойкую резину, гибкость кабелей уменьшается, они становятся хрупкими и выходят из строя. Особенно уязвимы незащищенные кабели между помещениями. Значит, надо одновременно позаботиться об их покрытии и механической защите.

При сильных морозах даже дыхание человека может повлиять на работу легкой и хрупкой аппаратуры. Влага, содержащаяся в выдыхаемом воздухе, легко конденсируется и замерзает, что иногда приводит к нарушениям нормальной работы аппаратуры.

Много бед доставляет замерзание или загустение смазочных материалов: становится труднее пользоваться переключателями, ручками управления, передаточными механизмами, шкалами. Поэтому, если нет особой необходимости, такие детали при низкой температуре лучше вообще не смазывать. Если же без смазки обойтись невозможно, нужно использовать специальные сорта масел.

Высокие температуры также вызывают механические и электрические повреждения. Чем ближе температура материалов к их температуре плавления, тем быстрее протекают химические реакции. С повышением температуры ускоряется и старение.

Влияние повышенной температуры проявляется в самых разнообразных формах. В электровакуумных приборах ухудшается вакуум, ускоряется износ катода. В жару портятся также изоляционные ма-

териалы, уменьшается сопротивление изоляции, увеличивается опасность пробоев, нарушается герметичность конденсаторов и других элементов, начинают вытекать заливочные и пропиточные компаунды. В результате нарушения эмалевой изоляции в точечных изделиях появляются короткозамкнутые витки, что приводит к изменению электрических параметров этих изделий.

Не меньшее воздействие на надежность радиоэлектронной аппаратуры оказывает влажность. Под влиянием влаги происходит очень быстрая коррозия металлов. Изоляционные материалы поглощают влагу, в результате чего уменьшается поверхностное и объемное удельное сопротивление. Появляются различные утечки, резко увеличивается опасность поверхностных пробоев.

Высокая влажность вызывает и еще одно, так сказать, побочное явление — рост плесени. Оказывается, и машина может заплесневеть. Грибковая плесень по внешнему виду напоминает волокна хлопка. Сверху эти волокна окрашены в различные цвета — зеленый, желтый, голубой и коричневато-серый. Сняв их щеткой, вы увидите пыль. Под микроскопом можно рассмотреть отдельные ее частицы, называемые спорами. Они настолько малы и легки, что находятся в воздухе во взвешенном состоянии и, подобно семенам растения, носятся в окружающем пространстве, пока не попадают в благоприятную среду. Споры эти очень выносливы, они могут пролежать в течение многих лет и прорасти только тогда, когда попадут в подходящие для их развития условия.

Под воздействием грибковой плесени поверхность материалов разъедается и электрические свойства аппаратуры становятся хуже. Поэтому целесообразно применять такие материалы, которые не служат питательной средой для грибов: керамику, слюду, нейлон, полиэтилен, фторопласт.

Наряду с повышенной влажностью вредное воздействие на радиоэлектронную аппаратуру оказывает и чрезмерно низкое содержание влаги в атмосфере, которое вызывает так называемую «дегидратацию». В результате дегидратации пластмассы коробятся, некоторые материалы теряют свою прочность, а материалы, содержащие бумагу, разрушаются.

Заметное влияние оказывает температура и на работу станков. При изменении температуры увеличиваются или уменьшаются размеры узлов и деталей станка, вследствие чего инструмент может занять неправильное положение относительно детали. Из-за температурных деформаций уменьшается точность работы станков.

Даже небольшие колебания температуры вызывают заметные погрешности при обработке. Например, если точный ходовой винт станка длиной в один метр нагреется всего на один градус, то его

длина увеличится на 19,5 микрона, и будет нарушена точность обработки.

Температурные деформации станков зависят от ряда причин. Большое значение имеет колебание температуры в помещении, где работает станок. Наблюдения показывают, что даже нагрев солнечными лучами передней стенки круглошлифовального станка в течение двух часов приводит к отклонению прямолинейности перемещения стола на 4,5 микрона.

Поэтому очень важно поддерживать в помещении постоянную температуру, не допуская, в частности, разности температур на уровне пола и потолка, так как это может привести к деформации направляющих.

Причиной температурных деформаций может быть и нагрев узлов и деталей станка в процессе его работы. В результате трения, в передачах и направляющих выделяется тепло, отдельные части станка нагреваются неравномерно и нарушается правильность расположения инструмента и детали.

Надежность машин во многом зависит от пыли. Пыль вредна и для здоровья работающих, и для станка. Вот работает шлифовальный станок. Абразивный круг, снимая тонкий слой с поверхности металла, стачивается и сам. Образуется пыль. Она проникает повсюду — в легкие человека и в механизмы станка. Абразивные частицы попадают в смазку, оседают на частях и механизмах станка, вызывая их быстрый износ.

Загрязнение поверхностей станка зависит и от обрабатываемого материала. Так, скорость изнашивания направляющих токарных станков при обработке алюминиевых сплавов возрастает в 3—4 раза по сравнению с обработкой деталей из стали и чугуна.

Для борьбы с вредным влиянием пыли необходимы своевременная смена и фильтрация смазки, защита механизмов от проникновения абразивной пыли, вытяжка пыли из зоны обработки. Хорошие результаты дает применение специальных пылеотражателей, отсасывающих пыль и мелкую стружку из зоны обработки.

Воздействие пыли наиболее опасно для двигателей, в которые она попадает с засасываемым воздухом. Однако и в других узлах износ намного ускоряется, если пыль проникает сквозь уплотнения к поверхностям трения. Поэтому при большой запыленности особое значение приобретает качество уплотнений и уход за ними. Тщательный уход за фильтрами и уплотнениями почти полностью исключает влияние пыли.

Если обслуживающий персонал будет хорошо знать, как влияют на надежность работы технических устройств различные внешние факторы, он всегда сможет принять меры к устранению или уменьшению их вредного воздействия.

## Путь к потребителю

Прежде чем попасть к потребителю, готовые изделия проходят длинный путь. Сначала их хранят на складах завода. Затем упаковывают и отправляют на оптовые базы или склады торгующей сети. Отсюда большинство изделий доставляют непосредственно в магазины. Но и попав к потребителю, изделия не все время используются в работе, многие из них длительную часть года бездействуют. То же и с продукцией производственного назначения. Скажем, комплектующие изделия обычно некоторое время лежат на складах завода, прежде чем попадут на сборку, зачастую подолгу лежат на складе и запасные части

Поэтому правильное хранение готовых изделий, выбор наиболее рациональной их упаковки, разумная организация транспортировки имеют очень большое значение. А ведь именно этим вопросам мы нередко уделяем очень мало внимания. Руководители предприятий и общественные организации, сосредоточив все свое внимание на чисто производственных вопросах, часто забывают о состоянии складского хозяйства. Готовую продукцию, бывает, складывают навалом, в непригодных помещениях, не соблюдая элементарных правил хранения. В результате даже самые лучшие изделия, за высокое качество которых коллектив боролся на всех стадиях их изготовления, доходят до потребителя с дефектами.

Давайте на время оставим технику и посмотрим, какой путь проходит продукция обувной фабрики «Буревестник», прежде чем она попадет к потребителю. Коллектив этой фабрики активно борется за улучшение качества выпускаемой обуви. Работники фабрики внесли немало изменений в технологию производства, добились заметного улучшения качества и внешнего вида обуви.

Однако на прилавках магазинов продукция «Буревестника» иногда появляется в самом неприглядном виде. В чем же здесь дело? Да в том, что уже сойдя с конвейера и еще не попав на прилавок, обувь попадает в «ничейную» зону, в руки людей, которые, по существу, не несут ответственности за ее качество.

Готовую обувь укладывают в коробки и туго связывают веревками по 5—10 пар, так что верхние и нижние коробки сразу же мнутся. Потом их складывают на пол по 10 пачек одна на другую, коробки нижних рядов под тяжестью верхних прогибаются, и обувь деформируется.

Потом начинается перевозка обуви на базы и склады, где обязательно проверяют содержимое каждой коробки. Коробки вскрывают, обувь берут в руки, осматривают и снова кладут на место, потом опять коробки туго связывают по 5—10 пар и снова складывают.

Наконец, формальности выполнены, и обувь везут в магазины

и торговые базы Москвы и области. В автофургоны коробки складывают без всяких правил, лишь бы набить их как можно больше.

И вот наши ботинки попали в магазин. Но куда? Многие магазины имеют тесные подсобные помещения и склады, недостаточное число стеллажей. Значит, опять коробки лежат навалом, и снова обувь мнется, портится.

Примерно такое же путешествие нередко совершают и различные технические изделия. К чему это приводит, можно было бы показать на множестве примеров.

Завод ВЭФ получал в порядке комплектации электропроигрыватели с Рижского электромеханического завода. Расстояние между обоими заводами всего около пятисот метров. Но из-за плохой упаковки электропроигрывателей и их небрежной транспортировки и этого короткого пути оказывалось достаточно, чтобы вывести из строя значительную часть приборов.

На железных дорогах нередко можно видеть, как сложные машины перевозят в разобранном виде. Это требование железнодорожников — так в вагон влезает больше. Но если вдуматься, такое требование железнодорожной администрации по меньшей мере неразумно. Главный конструктор завода «Гомсельмаш» тов. Климентьев рассказывал, что Белорусская железная дорога требует, чтобы завод все машины отправлял в разобранном виде. А на месте машины часто попадают в неопытные руки, их собирают, нарушая элементарные правила. Разве может завод в таких условиях гарантировать надежность выпускаемой продукции?

Многие сложные технические устройства и изделия подвергаются при транспортировке ударам, различным атмосферным воздействиям, которые при нормальных условиях эксплуатации не предусмотрены. А раз не предусмотрены, то конструктор их не учитывал при расчете запаса прочности. Особенно трудно приходится при перевозках машинам и приборам, предназначенным для работы в стационарных условиях и в закрытых помещениях.

Для сохранения надежности и долговечности технических изделий при их транспортировке и длительном хранении необходимо применять хорошие защитные обмазки, герметичные упаковки, амортизирующую и теплоизолирующую тару.

Мы уже не раз говорили, что безвыходных положений нет. Это наглядно доказали работники киевского завода «Точэлектроприбор», создавшие для упаковки своих изделий легкую и удобную тару — эластичные, упругие футляры из пенопласта. Внутренней полости этих футляров придают форму того или иного прибора. Наружная поверхность спекается и делается ровной, гладкой, без пор. Футляры хорошо амортизируют, и при падении с высоты до 1,5 метров приборы остаются абсолютно целыми.



Но вот изделия дошли до потребителя. И нередко бывает так: трактор или комбайн эксплуатируются по всем правилам, обслуживающий персонал во время летней страды заботится о них. Но вот наступает зима, и всю эту сложную технику бросают на улице, ее поливает дождем и заносит снегом. А ведь для сельскохозяйственных машин правильное хранение, пожалуй, особенно важно. Вы спросите, почему? Да потому, что зерновой комбайн, например, работает в году не больше десяти процентов времени, а остальное время должен находиться на хранении; зерновые же сеялки — и того меньше.

В зависимости от характера и назначения изделий, правила их хранения могут быть различными. Они обычно указываются в технической документации, прилагаемой к каждому изделию. Для хранения большинства сложных технических изделий требуется обычно закрытое помещение, в котором должны поддерживаться определенные температура и влажность.

Итак, внимательное и заботливое отношение необходимы не только при изготовлении и эксплуатации технических изделий, но и при их хранении и перевозке.

Правильное хранение, хорошая упаковка, бережное отношение при транспортировке — необходимые условия надежной и безотказной работы машин, аппаратов, приборов.

## **И самое надежное изделие требует ремонта**

Каким бы надежным ни было изделие, рассчитанное на длительную эксплуатацию, оно время от времени требует ремонта: ведь добиться полной равнопрочности всех его деталей и узлов часто технически невозможно или просто невыгодно.

Ремонт возвращает в строй физически изношенное оборудование, увеличивает срок его службы. Количество машин, вновь используемых после ремонта, часто превышает выпуск новых машин. Так, строительных и дорожных машин ежегодно выпускается в среднем на 200 миллионов рублей, а восстанавливается в 4—5 раз больше. Отсюда видно, как важно правильно организовать ремонт и добиться его высокого качества.

Неисправности и повреждения машин, аппаратов, приборов могут быть различными. Это могут быть случайные повреждения, например поломка деталей, трещины, возникающие в результате нагрева, короткое замыкание в радиолампах, пробой конденсаторов. Это могут быть и постепенные повреждения, например абразивный износ, усталость поверхностных слоев, уменьшение эмиссии радиоламп, старение кварцев в радиоаппаратуре.

Виды повреждений определяют и характер ремонта изделий. Случайные отказы устраняются в ходе текущего, или, как его иногда называют, аварийного ремонта. Он не может быть запланирован, так как подлежащие устранению неисправности возникают внезапно.

Постепенные отказы деталей, как мы знаем, нельзя полностью устранить. Можно лишь продлить время, в течение которого они не проявляются, например, уменьшить скорость изнашивания, увеличить число циклов, которое выдерживает та или иная деталь. Частичное устранение и предупреждение постепенных, износовых отказов составляет содержание плановых ремонтов изделия.

В Советском Союзе разработана специальная система планово-предупредительных ремонтов. Основные ее положения сводятся к следующему: оборудование ремонтируется через заранее планируемые промежутки времени, длительность межремонтного периода устанавливается в зависимости от типа оборудования и условий его работы; после капитального ремонта изделие должно отвечать всем требованиям, предъявляемым к новому изделию; планируются осмотры и проверки машины на точность для выявления состояния оборудования и уточнения сроков проведения ремонтных работ.

Помимо непосредственных ремонтных операций, система планово-предупредительного ремонта предусматривает и комплекс профилактических мероприятий, включаемых в так называемое ремонтное обслуживание. При этом очень важно прогнозирование момента отказов элементов и деталей. Для этого необходимо изучать физические процессы, приводящие к отказам. Например, у многих электронных ламп незадолго до отказа резко возрастает уровень внутренних шумов.

Хорошо продуманная организация планово-предупредительных ремонтов и проверок оборудования способствует резкому снижению количества постепенных, а в некоторых случаях и внезапных отказов. Пример тому — наши энергосистемы, в которых разработаны и в обязательном порядке выполняются четкие графики планово-предупредительных ремонтов и проверок всего оборудования. В результате — перерывов в электроснабжении у нас практически почти нет.

Несвоевременное проведение профилактических мероприятий и предупредительных ремонтов часто является одной из основных причин быстрого выхода оборудования из строя. Именно этим объясняется, например, 30% повреждений электродвигателей на Магнитогорском комбинате.

Многое зависит и от того, как организован ремонт. Наряду с крупными, специализированными ремонтными предприятиями, им занимается большое количество мелких предприятий и мастерских,

не имеющих необходимого технологического оборудования, специальных испытательных стендов, подготовленных кадров. Не удивительно, что качество такого ремонта часто бывает очень низким, а отвлекает он из сферы основного производства большое число специалистов и много оборудования.

Характерен в этом отношении пример с электродвигателями. Они находят широкое применение и в промышленности, и в сельском хозяйстве, и в быту. Двигатели работают в самых различных условиях, часто с длительной перегрузкой, в среде, разрушающей изоляцию обмоток. Все это приводит к частым авариям и необходимости ремонта. Однако из-за того, что ремонтом двигателей занимается множество самых разнообразных организаций, качество его часто оставляет желать лучшего. Нередко в отремонтированных двигателях обмотки плохо пропитаны лаком, неправильно соединены секции в фазах, в результате чего двигатель под нагрузкой быстро нагревается и выходит из строя.

На специализированных ремонтных предприятиях или в мастерских для защиты обмоток от вредного воздействия среды широко применяют цементирующие пасты, покровные лаки, пропитку и сушку под вакуумом. Но все это возможно лишь при наличии соответствующего оборудования — испытательных стендов, автоматических сушильных шкафов, вакуум-установок. Естественно, что всего этого мелкие ремонтные мастерские не имеют. К тому же они плохо снабжаются запасными частями и зачастую вынуждены делать их сами. Ясно, что ремонт они выполняют хуже и обходится он дороже.

Однако и на крупных специализированных предприятиях качество ремонта не всегда бывает достаточно удовлетворительным. Например, тракторы и автомобили, отремонтированные даже на передовых ремонтных предприятиях, работают хуже новых и межремонтный срок их службы уменьшается. С этим обстоятельством все свыклись и считают, что так и должно быть. Даже в официальных документах указывается, что межремонтный срок службы отремонтированного автомобиля на 10—20% меньше, чем нового.

Но давайте задумаемся, правильно ли это? Ведь если бы при ремонте в машину всегда ставили новые доброкачественные детали и при сборке соблюдали технические условия, то ее надежность должна была бы восстанавливаться полностью. Однако многих запасных частей часто не хватает. Отработали, скажем, положенный срок поршневые кольца, заменять их надо, а новых нет. Приходится оставлять старые. И из-за этого раньше времени выходит из строя вся поршневая группа двигателя.

Количество различных машин и всевозможного оборудования как в промышленности, так и в сельском хозяйстве непрерывно растет. А значит, очень важно своевременно обеспечить их необхо-

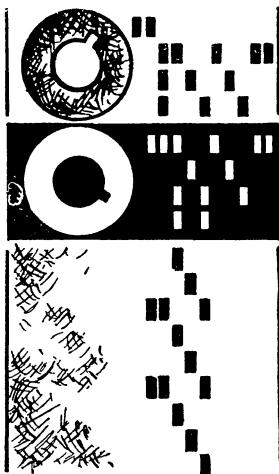
димыми для высококачественного ремонта запасными частями. Между тем, на многих предприятиях к выпуску запасных частей относятся, как к делу второстепенному и их качество контролируют плохо. Немало нареканий вызывают, например, коленчатые валы, изготавливаемые на «Ташавтомаше», шестерни и валы коробки передач — Ереванского завода запасных частей, блоки двигателей и гильзы цилиндров — Киевского завода имени Лепсе.

Из-за недостатка запасных частей, изготавливаемых централизованно, более половины их, а на крупных машиностроительных заводах более 70% изготавливаются в цеховых ремонтных базах, не имеющих необходимого для этого оборудования.

Нужно, чтобы предприятия, выпускающие машины, оборудованные и другие изделия, обеспечивали свою продукцию запчастями. За рубежом так делают все крупные фирмы. Они гарантируют покупателю поставку необходимых запасных частей в течение 8—10 лет.

Итак, для безотказной работы любых технических устройств и увеличения срока их службы необходимо разумно организовать их ремонт, сосредоточить его на крупных специализированных предприятиях с совершенной технологией, централизованно выпускать весь необходимый ассортимент запасных частей.





## **ЗАЧЕМ НУЖНА ИНФОРМАЦИЯ О НАДЕЖНОСТИ**

### **Диагноз важен не только в медицине**

Прежде чем приступить к лечению больного человека, надо сначала поставить диагноз. Точно так же и при борьбе за повышение надежности изделия надо проанализировать причины его неисправности.

Чтобы поставить правильный диагноз, врач анализирует все признаки заболевания, а также ту информацию, которую он получает от больного, ухаживающего за ним персонала, родственников больного. Чем обширнее информация, тем легче врачу правильно поставить диагноз.

То же и в технике. Тщательный анализ причин, вызывающих отказы в работе технических устройств, позволяет своевременно предусмотреть конструктивные и технологические меры, исключающие возможность новых отказов.

Но как собирать информацию о надежности? Жаловаться машина не умеет и «родственников» у нее нет.

Ценную информацию могут дать испытания изделий при их проектировании, в ходе их серийного производства, в процессе опытной эксплуатации, организуемой на многих предприятиях. Однако, как бы ни приближались условия всех этих испытаний к реальным условиям эксплуатации изделий, они не могут быть полностью эквивалентны им.

Поэтому наиболее полная, исчерпывающая информация, необходимая для оценки и анализа надежности выпускаемых промышленных изделий, может быть получена в процессе их действительной эксплуатации. Но для этого требуется организация систематического сбора и обработки информации о работе и отказах изделий.

Уже поэтому организация сбора, обработки и анализа информации о надежности и долговечности изделий в процессе их эксплуатации имеет огромное значение.

Однако одним этим значение сбора и анализа такой информации далеко не исчерпывается. Она приобретает все большее значение при решении многих важнейших народнохозяйственных задач.

Для правильного планирования промышленного производства и соблюдения необходимых пропорций в народном хозяйстве необходимо учитывать не только количество выпускаемых изделий, но также и их надежность и долговечность. Незнание действительной эксплуатационной надежности и срока службы изделий или их неправильная оценка могут привести к серьезным ошибкам при планировании производства и нанести существенный ущерб развитию экономики. Это подтверждается многими примерами.

Так, по существующему ГОСТу гарантийный срок службы клиновых ремней для комбайнов и других сельскохозяйственных машин составляет 500 часов. На практике же, при нормальной эксплуатации и хранении комбайнов, клиновые ремни служат почти вдвое меньше. Однако централизованной государственной системы сбора, обработки и анализа информации о надежности и долговечности узлов и деталей сельскохозяйственных машин нет. Поэтому естественно, что все фонды для производства клиновых ремней и других деталей для сельскохозяйственных машин рассчитываются и планируются, исходя из сроков их службы, указанных в ГОСТах. На деле это приводит к созданию большой диспропорции между наличием сельскохозяйственных машин и производством клиновых ремней для них. Так, только в колхозах и совхозах Российской Федерации в 1964 году перед началом уборки не хватало клиновых ремней более чем на 30 тысяч самоходных комбайнов. Вряд ли нужно рассказывать, какие тяжелые последствия влечет за собой такое положение.

Поэтому получение достоверной информации о действительной эксплуатационной надежности и долговечности всех выпускаемых нашей промышленностью изделий является одним из важнейших условий оптимального народнохозяйственного планирования.

Огромную роль в борьбе за повышение качества выпускаемых изделий, за доведение его до лучших мировых образцов призвана играть государственная система стандартизации. Сейчас уже вряд ли найдутся люди, которые решились бы возражать против необходи-

мости включения в государственные стандарты на все освоенные в серийном производстве изделия конкретных количественных показателей их надежности и долговечности. Но как определить эти показатели? Можно ли устанавливать их без учета реального опыта эксплуатации данных или аналогичных им изделий? К чему это приводит, наглядно видно из приведенного выше примера с клиновыми ремнями.

Совершенно очевидно, что любой государственный стандарт может выполнить свою роль в борьбе за повышение качества продукции только в том случае, если будет обеспечено его неукоснительное соблюдение, если будет организован постоянный, систематический контроль за выполнением всех его требований. Но контрольные органы могут проверить соответствие фактической надежности и долговечности изделий установленным требованиям только при условии, что будет организован систематический сбор и анализ достоверной информации о работе и неисправностях изделий. Только при строгом соблюдении этого условия государственные стандарты будут выполнять свою роль важнейшего рычага в борьбе за высокое качество продукции.

Собранная в процессе эксплуатации информация часто позволяет даже без коренного изменения конструкции изделия, а лишь путем доработки отдельных деталей и узлов или замены наиболее слабых элементов добиться значительного повышения надежности и долговечности всего изделия. Например, при статистической обработке данных по одной из серийно изготавливаемых вентиляционных систем было установлено, что причиной отказов в 90% случаев было разрушение подшипников. В результате дальнейших исследований обнаружили принципиальные недостатки метода крепления крыльчатки вентиляторов, а также несовершенство методики их балансировки. Устранение этих недостатков позволило, не ревизуя основу конструкции агрегата, уменьшить частоту отказов вентилятора примерно в 10 раз.

Еще большую роль, как мы знаем, играет информация о надежности при разработке и проектировании новых изделий. Информация о надежности работы опытных образцов, а также серийных изделий аналогичного назначения способствует выбору оптимальной конструкции и схемы разрабатываемого изделия, отбору наиболее отвечающих требованиям типовых узлов и элементов.

Наоборот, отсутствие такой информации ведет к увеличению сроков разработки новых образцов, в результате чего к моменту их освоения в серии их технический уровень может отстать от уровня лучших мировых образцов.

Следовательно, систематический сбор, изучение и анализ информации о работе и неисправностях изделий является важнейшей

предпосылкой обеспечения их высокого технического уровня, надежности и долговечности в процессе проектирования и серийного производства.

## **Какая информация нужна**

Это зависит от того, кому она предназначена. Если вернуться к примеру с врачом и пациентом, то самому врачу нужны исчерпывающие данные о процессах, происходящих в организме больного, нужны результаты исследований, анализы и т. д. Родственникам или медсестре столь подробные сведения ни к чему, для них достаточно предписаний врача и жалоб больного, на которые надо реагировать в строгом соответствии с этими предписаниями.

В информации о надежности заинтересованы заказчик, изготовитель и потребитель. Каждому из них информация необходима для различных целей, и поэтому они предъявляют различные требования к степени полноты этой информации.

Заказчикам нужны данные, усредненные по видам изделий, заводам-изготовителям и объектам эксплуатации.

Потребителям достаточно знать, когда можно ожидать первого отказа изделия и во что обойдется его ремонт.

Наиболее полная, конкретная и детальная информация о надежности нужна изготовителю. Ведь именно в процессе разработки и изготовления любого изделия закладывается его надежность.

Изготовителю, то есть организациям, разрабатывающим и изготавливающим изделия, информация о надежности нужна, чтобы решить следующие практические задачи:

- определить количественные показатели надежности и долговечности разрабатываемых и изготавливаемых изделий;

- выявить в изделиях ненадежно работающие детали и узлы;

- разработать мероприятия, позволяющие устранить конструктивные, производственные и другие недостатки изделий при их проектировании и изготовлении;

- разработать и усовершенствовать методы технической эксплуатации изделий и организации работы обслуживающего персонала;

- определить номенклатуру и количество запасных частей;

- уточнить техническую документацию.

Для успешного решения всех этих задач информация о надежности должна удовлетворять определенным требованиям. Назовем основные из них:

**Достоверность информации.** Совершенно очевидно, что информация о надежности может быть эффективно использована только при строгой достоверности всех сообщаемых сведений.

Достоверность информации зависит от самой системы ее сбора



и обработки и от квалификации лиц, которым поручен этот сбор. Заполнение учетных документов о надежности — не механическая работа, ее можно доверить лишь квалифицированным работникам. Людей, выделенных для сбора информации о надежности, необходимо предварительно тщательно проинструктировать, подробно ознакомить с формами учетных документов и порядком их заполнения. Правильность заполнения учетных документов должна систематически контролироваться.

Необходимо стремиться к тому, чтобы учетные формы были предельно просты. Это даст возможность свести к минимуму ошибки при их заполнении.

**Полнота информации.** Информация о работе и неисправностях изделий должна содержать все сведения, необходимые для обоснованной оценки и анализа надежности и долговечности как изделия в целом, так и всех его узлов и деталей.

В ней обязательно должны быть отражены режимы работы изделия и условия его эксплуатации. При оценке надежности и долговечности изделия необходимо учитывать подготовленность обслуживающего персонала, соблюдение правил хранения, транспортировки и эксплуатации изделия, качество используемых эксплуатационных материалов.

Неполная, отрывочная, хотя и достоверная информация бывает обычно не только малоэффективна, но может явиться в ряде случаев источником неправильных выводов и дорогостоящих ошибок.

В то же время информация не должна быть избыточной. Излишние, не вызываемые необходимостью сведения только затрудняют сбор информации, снижают оперативность ее обработки и уменьшают эффективность ее использования.

**Непрерывность информации.** Информация о надежности, как мы уже говорили, может содержаться в разных документах: в протоколах испытаний, в актах проверок, в учетных документах о работе и неисправностях изделий в процессе их эксплуатации.

Основным недостатком существующей практики изучения надежности изделий является то, что все эти данные совместно не обрабатываются, в результате чего теряется значительная часть ценной информации и затрудняется всесторонняя оценка надежности изделий.

Поэтому одним из основных требований, которые необходимо предъявить к системе организации сбора и обработки данных о надежности, является создание непрерывного потока достоверной информации о работе и неисправностях изделия, начиная с момента его испытаний в макетном образце, в течение всего времени испытаний при изготовлении серийного образца и в процессе его эксплуатации.

**Единообразие форм учета.** Для родственных групп оборудования, работающего в сходных условиях и содержащего аналогичные узлы и элементы, необходимо применять единые формы учета. Это позволяет получить сопоставимые сведения по надежности одинаковых элементов, входящих в различные типы изделий. Кроме того, единообразие форм учета облегчит возможность механизированной обработки учетных данных.

## **Карточная система и ее преимущества**

Способы получения информации могут быть разные. Казалось бы, проще всего разработать перечень вопросов, ответы на которые позволят оценить надежность данного изделия, и с указаниями о порядке составления ответов на поставленные вопросы разослать перечень по объектам эксплуатации; исполнители на листах простой бумаги, в произвольной форме отвечают на все вопросы и отправляют свои ответы в центр, к месту обработки информации.

Однако практика проведения статистических исследований показывает, что, несмотря на кажущуюся простоту, такой способ сбора информации совершенно неприемлем. Во-первых, он очень усложняет работу исполнителей, которые вынуждены в словесной форме давать подробные ответы на большое количество вопросов. Во-вторых, этот способ нередко приводит к нарушению требований объективности, полноты и оперативности информации. В-третьих, произвольный характер ответов крайне затрудняет обработку полученной информации и полностью исключает возможность механизации, а тем более автоматизации обработки.

Для успешного проведения любого статистического исследования, помимо глубоко продуманной программы, необходимо тщательно, вплоть до мелочей, разработать форму учетных документов.

Наиболее эффективной системой сбора и обработки информации о надежности является карточная система. Она состоит в том, что с мест испытаний и эксплуатации непосредственно к месту обработки информации поступают специальные карточки, содержащие все сведения, необходимые для анализа и оценки надежности.

При такой системе основным документом для данного вида изделий является единая по форме и содержанию сведений карточка; она заполняется цифровым кодом на рабочем месте в момент устранения неисправности или после ремонта изделия — машины, аппарата, прибора.

Каковы должны быть форма и содержание карточек для сбора информации о работе и неисправностях оборудования в эксплуатации?

Разработка формы карточек имеет очень большое значение. Прежде всего форма карточки должна отвечать конкретным целям учета, сбора и обработки информации о надежности каждого типа изделий. Вопросы формулируются головными научно-исследовательскими институтами соответствующей отрасли промышленности.

Карточки должны включать такие вопросы, ответы на которые после их обработки позволили бы получить все необходимые сведения для полной оценки надежности и долговечности исследуемого изделия.

Форма карточки не может быть универсальной. Для каждого типа изделий должна быть своя форма карточки, учитывающая специфику данного изделия и включающая вопросы, характерные для конструкции, назначения и условий эксплуатации этого изделия. В то же время для родственных групп оборудования, содержащих аналогичные узлы и детали, целесообразно иметь единую форму карточки, чтобы облегчить их совместную обработку.

Кодирование сведений, помещаемых в карточках, значительно уменьшает трудоемкость всей работы с ними. Для перевода каждого сообщения в цифровой код составляются специальные таблицы.

Конечно, как бы тщательно ни была продумана форма карточки и кодовые таблицы, при их заполнении всегда могут возникнуть неясности. Поэтому одновременно с разработкой формы карточки и кода для ее заполнения составляется и прилагается к ним подробная инструкция для обслуживающего персонала, обрабатывающего карточки. Обычно в ней каждое сообщение и правила его кодирования обведены в рамку и помечены номерами. На бланке карточки тем же номером отмечена строка, отведенная для данного сообщения.

Для удобства работы с карточками все включаемые в них вопросы объединяются в группы. Например:

**Информация о месте и адресе неисправности.** Эта группа включает сведения о номере изделия, заводе-изготовителе, месте, где эксплуатируется оборудование, сведения о типе, номере узла, в котором произошла неисправность, о типе и номере элемента, вызвавшего отказ.

**Информация о времени обнаружения неисправности** включает сведения о дате появления неисправности, наработке оборудования и, если необходимо, узла и элемента к моменту появления неисправности, о количестве включений или числе циклов, проработанных изделием с момента выпуска или после ремонта.

**Информация об условиях, в которых произошла неисправность.** Эта группа включает сведения о признаках и причинах появления неисправности: является ли неисправность отказом, вызван ли данный отказ появлением предшествующей неисправности или он

является независимым, в каком режиме работы изделия произошла неисправность, произошла ли она при включении или в процессе работы.

**Влияние профилактических и ремонтных работ на надежность.** В эту группу входят сведения о характере и дате проведения профилактических работ, сведения о количестве, характере замен и регулировок оборудования.

При сборе данных о надежности на заводе-изготовителе следует отводить в карточке место для отметки о мерах, принятых для устранения возможности повторения обнаруженных неисправностей. Это особенно важно при учете информации о надежности опытной партии изделий, испытываемой на заводе-изготовителе.

Карточная система сбора сведений о работе и неисправностях оборудования позволяет организовать машинную обработку поступающей статистической информации.

## **Как лучше обрабатывать полученную информацию**

Итак, карточная система позволяет получить достаточно достоверную и исчерпывающую информацию о надежности. Что же дальше? Как лучше организовать обработку поступающей информации, чтобы можно было принять по ней оперативные решения?

Способов сбора и обработки статистической информации много, однако все их можно свести к двум основным видам: к многоступенчатой и централизованной обработке.

**При многоступенчатом способе обработки** поступающая информация обобщается в несколько этапов. Первичные данные обрабатываются на месте их получения, после чего они в обобщенном виде поступают для окончательной обработки и получения характеристик надежности.

Недостатки такого способа — малая оперативность, возможность искажений и потеря части информации. Кроме того, получение некоторых характеристик при этом способе обработки либо затруднено, либо совсем невозможно.

**Централизованный способ сбора и обработки информации** свободен от этих недостатков и более перспективен. При нем первичные данные о работе и неисправностях изделий без какого-либо предварительного обобщения сразу поступают на место окончательной обработки. Это повышает качество обработки и оперативность прохождения информации и создает условия для внедрения автоматических и полуавтоматических систем сбора и обработки информации о надежности на базе информационно-вычислительных центров, организуемых в соответствующих министерствах.

Последнее обстоятельство тем более важно, что в настоящее время наша промышленность разрабатывает и выпускает много изделий большой сложности и поток информации об их надежности будет так велик, что обрабатывать все сведения в приемлемые сроки без автоматизации будет трудно, а порой и невозможно.

Обработанная на машиносчетной станции информация о надежности поступает в соответствующий головной научно-исследовательский институт, где тщательно анализируется и в соответствии с результатами анализа принимаются меры.

## **Некоторые рекомендации**

Итак, работа по учету, сбору, обработке и анализу информации о надежности должна проводиться следующим путем: заполненные карточки пересылаются в организации, назначенные ответственными за проведение этих работ; там производится статистическая обработка и анализ поступающих карточек и подготавливаются рекомендации, которые должны способствовать повышению надежности изделий; эти рекомендации передаются предприятиям промышленности, выпускающим данные изделия, заводам-смежникам, поставляющим материалы и комплектующие детали, а также на объекты эксплуатации.

При выполнении всех этих работ возникает много организационных вопросов, от правильного решения которых в значительной степени будет зависеть эффективность всей системы учета, сбора и обработки информации о надежности. Единого рецепта на все случаи жизни нет: каждая отрасль промышленности имеет свои особенности, в зависимости от которых и приходится решать практические вопросы. Однако некоторые рекомендации нам все же хотелось бы в этой беседе дать.

Следует ли, приступая к организации такой системы, сразу ставить задачу стопроцентного учета работы и неисправностей всех изделий, выпускаемых данной отраслью промышленности? Очевидно, целесообразнее начинать с небольшой группы объектов, по которым можно собрать всю необходимую, объективную и строго достоверную информацию. Такие объекты должно определить соответствующее министерство. Намеченные объекты должны быть оснащены необходимой для сбора информации контрольно-регистрающей аппаратурой.

На этих объектах для исследования надежности отбираются конкретные образцы из числа изделий, полностью прошедших предусмотренный технической документацией контроль. Все отобранные изделия должны иметь паспорт или протокол с результатами контрольных испытаний.

В отличие от серийных изделий, учет сведений о надежности которых целесообразно начинать на выделенных для этого объектах,— по вновь разрабатываемым изделиям и изделиям опытных серий такой учет следует организовать на всех объектах, куда поступают данные изделия.

Определив объекты, где должен быть организован учет и сбор информации о надежности, и образцы изделий, подлежащие исследованию, надо разработать форму карточки учета необходимых сведений. Разработку форм карточек, кодовых таблиц и инструкций по их заполнению, так же как размножение всех этих документов и их рассылку по объектам, целесообразно возложить на головные научно-исследовательские институты соответствующей отрасли промышленности. К составлению карточек следует привлекать также и предприятия, изделия которых подвергаются исследованию.

Получив всю необходимую техническую документацию, на выделенных объектах приступают к подготовке организации учета и сбора информации о надежности. На тех объектах, где созданы службы (отделы, группы, лаборатории) надежности, руководство всей подготовкой и последующей работой по сбору информации нужно возложить на эти службы. Там, где таких служб нет, для подготовки и руководства всей этой работой следует выделить специальных людей из числа наиболее подготовленных инженеров. Лица, отвечающие за организацию учета и сбора информации о надежности, должны подчиняться непосредственно главному инженеру объекта.

Службы надежности должны подобрать исполнителей (желательно из тех, кто проводит контроль, настройку и ремонт оборудования), на которых будет возложено непосредственное заполнение учетных карточек.

С выделенными для этой работы исполнителями следует провести занятие и на нем тщательно изучить все полученные образцы учетной документации (карточки, коды), а также инструкции по их заполнению. Желательно провести одно-два пробных заполнения карточек. Они позволяют выявить все неясности и ошибки, возможные при работе с карточками.

В первый месяц после начала сбора информации службы надежности должны систематически контролировать, правильно ли заполняются карточки каждым исполнителем. В последующем можно ограничиться выборочными проверками, периодичность которых будет зависеть от подобранного состава исполнителей, их подготовленности и добросовестности.

Учетные карточки, после их заполнения, исполнители передают подразделению надежности (или специально выделенным лицам) для отправки их организации, которая будет обрабатывать инфор-

мацию. При централизованной системе обработки информации заполненные карточки отсылаются непосредственно этой организации, без предварительного обобщения информации службой надежности объекта эксплуатации.

Однако это не значит, что служба надежности объекта лишь механически собирает и пересылает в центр полученную информацию. Каждая служба надежности, прежде чем отправить собранную на объекте информацию в центр, тщательно знакомится с ней, и, если выявляется необходимость немедленного принятия тех или иных оперативных мер для поддержания надежности изделия в эксплуатации, она обеспечивает принятие этих мер, не ожидая общих выводов по результатам обработки и анализа всей отправленной документации.

Вся подготовка к организации учета и сбора информации о надежности на каждом объекте эксплуатации оформляется приказом руководителя объекта, в котором указывается, кто на каком оборудовании производит сбор информации, кто контролирует правильность заполнения учетных карточек, куда отправляется вся собранная документация, как она используется на объекте.

Для обработки заполненных карточек головные научно-исследовательские институты обычно заключают договор с ближайшей машиносчетной станцией. Создание собственной машиносчетной станции может быть экономически оправданным только при необходимости обрабатывать более ста тысяч карточек в месяц.

После обработки карточек на машиносчетной станции они передаются научно-исследовательскому институту, который и производит их тщательный анализ.

Анализ полученной и обработанной информации и руководство проведением всей описанной выше предварительной работой по организации учета, сбора и обработки информации о надежности должны осуществляться отделом (группой, лабораторией) надежности головного научно-исследовательского института. Если в институте нет специального отдела (группы, лаборатории) надежности, эту работу можно выполнять как специальную научно-исследовательскую работу, включая ее в годовые планы.

Как используется головным институтом собранная и обработанная информация о надежности?

Прежде всего институт делает из нее выводы, необходимые для его собственной работы. Анализ информации может показать, что необходимо уточнить первичную учетную документацию или внести изменения в инструкцию по заполнению карточек.

Анализ информации может выявить также необходимость дополнительных научно-исследовательских работ по изысканию путей создания более совершенной конструкции проверяемых изделий

или необходимость разработки новой технологии их изготовления. Тогда головной институт включает эти темы в свой план или помогает заводам-изготовителям разместить эти темы в других научно-исследовательских организациях.

На основе выводов из собранной и обработанной информации о надежности головной научно-исследовательский институт разрабатывает рекомендации для заводов-изготовителей, заводов-смежников и объектов эксплуатации.

Рекомендации для заводов-изготовителей институт посылает непосредственно заводам, а также сообщает их министерству для возможности контроля за их внедрением.

Так как прямую связь с заводами-смежниками осуществляет завод-изготовитель проверяемых изделий, все рекомендации института по повышению надежности тех или иных материалов и комплектующих изделий целесообразно направлять не непосредственно заводу-смежнику, а через завод-изготовитель.

Обработка и анализ информации могут показать, что причиной тех или иных часто повторяющихся неисправностей является неправильная эксплуатация изделий или несоблюдение профилактических мероприятий. Рекомендации института также целесообразно сообщать на объекты эксплуатации через заводы-изготовители, чтобы они могли включить эти рекомендации в техническую документацию и инструкции по эксплуатации, прилагаемые к выпускаемым изделиям.

Информация о действительной надежности и долговечности каждого промышленного изделия крайне необходима Комитету стандартов. Поэтому результаты анализа каждый головной научно-исследовательский институт должен систематически сообщать Комитету стандартов порядком, устанавливаемым соответствующим министерством.

В практике может возникнуть немало и других организационных вопросов. Предусмотреть их все — невозможно.

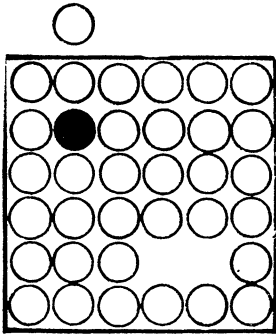
Заканчивая эту беседу, мы хотим подчеркнуть, что организация учета, сбора и обработки информации о надежности является одной из важнейших задач в борьбе за повышение технического уровня, надежности и долговечности промышленных изделий и что она требует решения в общегосударственном масштабе.

Однако все промышленные министерства имеют возможность уже сейчас приступить в рамках своей отрасли к организации наиболее отвечающей условиям ее работы системы сбора и обработки информации о надежности. Естественно, что любая такая система предполагает непосредственную связь производителей с потребителями. Потребитель всегда должен знать, что он покупает, а производитель — что он выпускает.





## Беседа 16



### СТАНДАРТЫ И КАЧЕСТВО

#### Что такое стандарт?

Мы много говорим о качестве, о необходимости выпускать хорошие вещи. Тексты газетных и журнальных статей пестрят словами «повысить», «увеличить», «улучшить». Обязательства некоторых предприятий напоминают строки Маяковского:

Буду делать хорошо  
И не буду плохо.

Но как «хорошо»? Что значит «повысить» качество и надежность машины? Как повысить, до какого уровня? На эти вопросы и должен дать ответ государственный стандарт — документ, регламентирующий требования к техническому уровню и качеству изделия.

#### Город сгорел из-за... гайки

Нередко случается, что незначительный факт влечет за собой серьезные последствия. Существует, например, предание, что гуси спасли Рим. А в 1924 году из-за простых гаек сгорел большой город — Балтимор в США. Пожарные команды прибыли вовремя, но они не смогли соединить шланги из-за того, что соединительные гайки были изготовлены разными заводами, и при их изготовлении не были соблюдены основные принципы стандартизации — унификация и взаимозаменяемость узлов и деталей.

А вот другой пример. Вы получили долгожданную квартиру в новом доме. Поставили мебель, повесили люстру. Но в ней перегорела лампочка. Вы покупаете в ближайшем магазине новую, пытаетесь ввернуть ее вместо перегоревшей, но... она не подходит к патронам. Что делать? Покупать новую люстру или искать лампу, которая подошла бы к патрону вашей люстры? А ведь именно так могло бы быть, если бы не существовало стандартов на осветительные лампы и патроны для них.

Подобных примеров можно привести великое множество.

Что же такое стандартизация и почему мы обратились к ней, беседуя о надежности технических изделий?

Обратимся к определению, данному международной организацией по стандартизации «ИСО»:

«Стандартизация — это работа по установлению и применению правил с целью упорядочения деятельности в данной области на пользу и при участии всех заинтересованных сторон и, в частности, для достижения всеобщей оптимальной экономии при соблюдении функциональных условий и требований техники безопасности. Она основывается на объединенных результатах науки, техники и практического опыта, определяет основу не только настоящего, но и будущего развития и должна идти в ногу с техническим прогрессом. Некоторыми частными случаями ее применения являются:

единицы измерения;

терминология и обозначения;

продукция и производственные процессы (определение и отбор характеристик продукции, методы испытаний и измерений, технические условия на характеристики изделий для определения их качества, контроль за взаимозаменяемостью и т. д.);

техника безопасности».

Это неудобочитаемое определение, но зато оно довольно полно характеризует роль и сферу действия стандартизации.

Почти за 35 лет до того, как Совет международной организации по стандартизации «ИСО» принял эту формулировку, Г. М. Кржижановский — соратник и ближайший помощник В. И. Ленина, — выступая на II Пленуме Совета по стандартизации при Совете Труда и Обороне, говорил:

«Стандартизация есть закон, а не соглашение. Но чтобы стандарт был законом, чтобы он был воплощен в жизнь, он должен пройти большой этап.

В нашей стране закон становится законом, когда он поддержан волей широчайших кругов трудящихся, и стандартизаторы могут успешно стать законодателями лишь тогда, когда в основу их работы будут положены научные знания, весь ассортимент науки, когда

стандарт мы будем прокламировать как закон, основанный на науке, на знаниях, на достижениях мирового опыта и на широком признании со стороны самих трудящихся».

Пожалуй, лучше не скажешь в защиту стандартизации.

Не будет преувеличением, если коротко определить стандартизацию как инструмент наведения наивысшего порядка, без которого немислим современный технический прогресс.

В капиталистических странах, несмотря на большое развитие стандартизации, на ее пути встречаются порой серьезные трудности. Например, до сих пор в некоторых капиталистических странах (Англия, США) не введена метрическая система мер, а продолжают пользоваться устаревшими единицами измерений (футы, дюймы).

В социалистических государствах стандартизация — мощное средство рациональной организации народного хозяйства и повышения производительности общественного труда.

Она — основа для широкой унификации, агрегатирования и развития специализации и кооперирования производства.

Применение принципов агрегатирования в машиностроении, модулей и микромодулей в радиоэлектронике позволяет внедрить прогрессивные методы массового производства, а следовательно, повышать надежность, долговечность и ремонтпригодность изделий, уменьшать трудоемкость монтажно-сборочных и ремонтных работ и снижать себестоимость производства и эксплуатации.

К сожалению, до сих пор нет общепринятых критериев оценки качества продукции, равно как и экономической эффективности повышения надежности и долговечности изделий.

В течение последних лет во всех научно-исследовательских институтах Комитета стандартов были созданы специальные службы надежности и экономические лаборатории, которые серьезно взялись за решение этих важных вопросов. Даже самые первые прикидки экономической эффективности, достигаемой в результате стандартизации, показывают, что каждый вложенный в нее рубль дает около десяти рублей экономии. Председатель Комитета стандартов, профессор В. В. Бойцов приводит следующие примеры:

«Экономия от внедрения многих стандартов составляет сотни миллионов рублей в год. Например, 560 миллионов рублей в год дает внедрение ГОСТа на новые номинальные напряжения при передачах электроэнергии; свыше 200 миллионов рублей в год дает внедрение ГОСТа на буксы тележек вагонов с подшипниками качения вместо подшипников скольжения...»

В то же время задержка с внедрением прогрессивных стандартов или несоблюдение их наносит стране огромный материальный ущерб. Так, например, несоблюдение требований стандартов о грохочении каменноугольного топлива приводит к перерасходу угля

на 10—15%, что приносит народному хозяйству убыток более 10 миллионов рублей ежегодно». (В. В. Бойцов. Стандарты и качество, Изд-во «Знание», 1966, стр. 17.)

Содействуя повышению качества, надежности и долговечности выпускаемых изделий, стандартизация обеспечивает достижение высокой экономической и технической эффективности, оптимального порядка в народном хозяйстве.

## **Главная задача стандартизации**

Одним из основных понятий в теории и практике стандартизации является качество. Вся деятельность по стандартизации может практически оцениваться уровнем качества выпускаемой в стране продукции.

Важнейшее значение стандартов в борьбе за повышение качества продукции неоднократно подчеркивалось в решениях партии и правительства, в выступлениях руководящих деятелей нашего государства.

На сентябрьском Пленуме ЦК КПСС в 1965 году А. Н. Косыгин говорил: «Необходимо повысить роль государственных стандартов как действенного средства улучшения качества продукции. Стандарты должны постоянно совершенствоваться с учетом достижений науки и техники».

В Директивах XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1966—1970 годы указывается, что надо «привести государственные стандарты в соответствие с требованиями технического прогресса и повысить их роль в улучшении качества продукции».

Как же и чем стандарты могут способствовать повышению качества продукции? Попробуем подойти к этому вопросу с чисто практической стороны.

В нашей стране сейчас около двухсот тысяч промышленных предприятий, на которых производятся товары нескольких миллионов наименований. Представим себе, что было бы, если бы каждое предприятие самовольно, по своему усмотрению, устанавливало качество выпускаемой им продукции.

Ведь для того, чтобы действительно оценить качество того или иного вида продукции, сравнить его с качеством аналогичной продукции, выпускаемой другими предприятиями, необходимо установить какие-то количественные показатели, выразить качество в тех или иных конкретных единицах. Но мы уже говорили, что качество любого изделия определяется не одним каким-либо его свойством, а совокупностью свойств. Причем улучшение одних его свойств ведет иногда к ухудшению других, например, увеличение произво-

длительности станка может привести к уменьшению срока его службы.

Следовательно, чтобы судить о качестве изделия в целом, необходим специальный критерий, который бы включал в себя все отдельные показатели уровня качества и служил бы основой для объективной оценки общего качества изделия. Таким критерием качества каждого изделия должны стать стандарты. В государственных стандартах показатели качества продукции заключаются в наиболее концентрированном виде. Именно стандарт становится документом, который устанавливает и законодательно фиксирует наиболее прогрессивные показатели качества каждого вида продукции, определяемые на основе всестороннего учета и анализа отечественного и зарубежного опыта и последних достижений науки и техники.

До недавнего времени стандартизация занималась, как правило, свойствами и характеристиками продукции как объекта производства без учета ее потребительских характеристик. Сейчас все больше внимание уделяется именно стандартизации потребительских свойств продукции.

Среди различного вида стандартов важнейшую роль начинают играть стандарты на технические требования. Именно они характеризуют продукцию с точки зрения ее качества, определяют показатели ее физико-механических свойств, требования к точности изготовления, внешний вид и т. д. Стандарты на технические требования, предъявляемые к машинам, аппаратам, приборам и другим техническим устройствам и изделиям, должны включать показатели их надежности и долговечности, а также методику проверки этих показателей.

Требования к качеству каждого вида продукции, устанавливаемые соответствующими стандартами, являются обязательными для всех изготовителей данной продукции. Государственный стандарт, имеющий силу закона,— эталон качества. Соответствие любого изделия государственному стандарту делается основным показателем его высокого качества.

Так стандарт становится проводником государственной политики в повышении качества продукции. Закрепляя в стандартах требования к качеству, надежности и долговечности продукции, государство осуществляет научно обоснованное управление качеством, содействует непрерывному совершенствованию и обновлению продукции.

## **Межотраслевая государственная проблема**

Однако установление стандартов на готовую продукцию — это только часть задач, стоящих перед стандартизацией в области повышения качества, и притом наиболее легкая. Основой, определяющей

качество любого изделия, являются сырье, материалы, полуфабрикаты и комплектующие изделия, необходимые для его изготовления. Но ведь в наше время ни один завод не изготавливает все их сам.

Государственные стандарты являются по существу единственным средством увязки и согласования требований к сырью, материалам, комплектующим изделиям и готовой продукции, изготавливаемым различными отраслями промышленности, и обеспечивают, таким образом, комплексное решение задачи повышения качества, надежности и долговечности.

Комплексная стандартизация — одна из наиболее трудных задач. О степени ее сложности можно судить по следующему примеру. При комплексной разработке вопросов, связанных с повышением качества трансформаторов, выявилась необходимость разработки новых и пересмотра 36 государственных стандартов, в том числе стандартов на электротехническую тонколистовую сталь и методы ее испытаний; электроизоляционный картон и методы определения его прочности и электроизоляционных свойств; кабельную бумагу; изоляционные материалы (текстолит, стеклотекстолит); фарфоровые изоляторы; герметические вводы, обмоточные медные и алюминиевые провода; маслостойкую резину.

При осуществлении комплексной стандартизации особое внимание необходимо уделять стандартам на материалы и на узлы и детали широкого применения, например, стандартам на марки стали, на шариковые и роликовые подшипники. Дело в том, что такие стандарты общего применения не могут быть «привязаны» к определенным изделиям и не могут разрабатываться и пересматриваться в каждом отдельном случае. При их подготовке необходимо тщательно изучать потребности всех отраслей промышленности и различные характерные случаи применения. Иначе при их внедрении могут возникнуть большие трудности. Так, стандарт на резиновые уплотнения для валов в течение длительного времени не мог быть внедрен из-за того, что при его разработке не были учтены специфические требования весьма крупного потребителя этих уплотнений — автотракторной промышленности.

Но хотя качество исходного сырья, материалов и комплектующих изделий и является важным фактором, определяющим качество готовой продукции, это, как мы уже говорили, не единственный фактор. Качество формируется на всех стадиях создания продукции: оно определяется народнохозяйственным планом, закладывается в ходе научных изысканий, проектирования и конструкторских работ, обеспечивается в процессе производства и разработки соответствующей технологии и, наконец, реализуется и поддерживается в процессе эксплуатации и потребления.

Между всеми этими стадиями существует тесная связь и взаимо-

зависимость. Деятельность во всех этих областях, направленная на повышение качества продукции, должна быть взаимно согласована, что является одной из важнейших задач при осуществлении комплексной стандартизации. Вот почему комплексной стандартизации принадлежит основная роль в повышении качества, надежности и долговечности продукции.

## **Стандарты должны быть перспективными**

Государственный стандарт должен представлять собой синтез факторов, определяющих качество, надежность и долговечность продукции. Но какой уровень качества должен предусматриваться в стандартах? Некоторые считают, что стандарт должен фиксировать уровень качества, уже достигнутый в процессе производства большинством предприятий. В этом случае стандартизация сводилась бы лишь к механическому отбору и узаконению устоявшихся, усредненных показателей качества продукции. Но такие стандарты отражали бы возможности вчерашнего, в лучшем случае сегодняшнего дня. Они не способствовали бы постоянному улучшению качества продукции.

Очевидно, при определении уровня качества, закладываемого в стандартах, нужен другой подход. Стандарты должны иметь перспективный характер, не ограничиваться лучшим из уже достигнутого, опережать существующий уровень промышленности, строительства или сельского хозяйства.

При установлении сроков введения новых стандартов следует объективно оценивать реальные возможности освоения перспективных видов продукции.

В тех случаях, когда для освоения новых видов продукции не требуются коренные изменения технологии и капитальные мероприятия, должен устанавливаться один срок внедрения стандартов с учетом быстрейшего выпуска продукции повышенного качества.

В тех же случаях, когда требуется полная перестройка производства, нужно использовать принцип ступенчатого, постепенного освоения новых, повышенных показателей качества, предусматриваемых перспективными стандартами.

Тогда стандарты станут действенным рычагом неуклонного постоянного совершенствования продукции, повышения ее качества, надежности и долговечности.

## **Качество нужно планировать**

Огромное значение качества продукции и сложность решения этой проблемы делают настоятельно необходимым создание государственной системы планирования качества. До сих пор такой си-

стемы в текущих и перспективных планах развития народного хозяйства не было. Планирование научно-исследовательских работ, механизации и автоматизации производственных процессов, внедрения передовой технологии, производства новых видов продукции не решает вопросов улучшения качества, повышения надежности и долговечности машин, оборудования, приборов и других изделий.

Очевидно, в государственных планах развития народного хозяйства должны устанавливаться оптимальные, научно обоснованные показатели качества основных видов продукции. Для этого в государственный план научно-исследовательских работ необходимо включать научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы по созданию опытных образцов стандартной продукции с улучшенными качественными показателями. К выполнению таких работ должны широко привлекаться научно-исследовательские институты академий наук и отраслевых промышленных министерств.

Большая роль в организации государственного планирования качества выпускаемой продукции должна принадлежать Комитету стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР и отраслевым промышленным министерствам. Совершенно естественно, что из всей номенклатуры продукции, охватываемой государственным народнохозяйственным планом, отраслевые министерства должны отобрать для регламентирования уровня качества наиболее важные виды изделий, имеющие особое народнохозяйственное значение. Номенклатура таких изделий должна согласовываться с Госпланом СССР.

Получив предложения отраслевых министерств, Комитет стандартов осуществляет межотраслевую увязку требований к качеству всех видов сырья, материалов, полуфабрикатов и готовых изделий и разрабатывает систему основных показателей качества по всей намеченной номенклатуре продукции.

Окончательные показатели уровня качества по основным видам продукции утверждаются Госпланом СССР и находят свое отражение в народнохозяйственных планах.

Учитывая планируемые показатели уровня качества выпускаемой продукции, Комитет стандартов развивает эту систему показателей в конкретных стандартах, следит за своевременным обновлением этих показателей и контролирует их выполнение.

## **Государственный надзор за качеством продукции**

Планирование качества выпускаемой продукции может дать реальные результаты только тогда, когда планируемый уровень качества будет твердо соблюдаться всеми предприятиями. Поэтому



очень важное значение приобретает система государственного надзора за качеством продукции.

Если все виды продукции — от сырья и материалов до готовых изделий — будут охвачены стандартами, регламентирующими их качество, если будут стандартизированы типовые технологические процессы изготовления этой продукции, то контроль за ее качеством сведется к контролю за точным, неукоснительным соблюдением стандартов.

В настоящее время контроль за качеством продукции, за соблюдением стандартов осуществляется многими организациями. Имеется громоздкий, дорогостоящий аппарат технического контроля на предприятиях (ОТК). Но у нас нет в настоящее время ни одного органа, который бы руководил работой отделов технического контроля предприятий. Между тем становится все очевидней необходимость централизованного методического руководства всей их деятельностью, разработки единых методов испытаний и контроля качества продукции, внедрения механизации и автоматизации контрольных операций, широкого использования статистических методов контроля.

В стране много различных ведомственных инспекций, бюро, лабораторий по качеству. Однако все они действуют разобщенно, не объединены, деятельность их никем не координируется, что приводит к параллелизму, излишнему расходу средств. Ведомственное подчинение инспекции порождает необъективную оценку качества продукции.

Наряду с отделами технического контроля предприятий и ведомственными инспекциями по качеству в стране есть 300 областных и городских государственных контрольных лабораторий Комитета стандартов. Однако лаборатории эти занимаются сейчас главным образом контролем измерительной техники. Было бы неправильным не замечать большой работы контрольных органов, несмотря на недостатки в их системе. Но контроль за качеством продукции, за соблюдением стандартов был бы значительно эффективней и действенней, если бы в стране была единая система государственного надзора за качеством, объединяющая все существующие органы контроля, организационно и методически руководящая их деятельностью. Введение системы государственного, внезаводского надзора способствовало бы повышению ответственности предприятий за качество продукции, за внедрение и соблюдение стандартов.

Государственный надзор должен был бы постоянно следить за качеством продукции на всех стадиях ее создания. Ему следует предоставить право проводить выборочные испытания и контрольные проверки и на производстве, и на складах, и в торговой сети, и в эксплуатации.

Однако главным назначением государственного надзора должно быть не наказание виновных. Его основная задача — помощь предприятиям и организациям в выявлении и устранении всех причин, ведущих к снижению качества изделий, к нарушению стандартов.

Осуществление государственного надзора за качеством продукции наиболее целесообразно возложить на Комитет стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР, являющийся межотраслевым органом и располагающий сетью контрольных лабораторий, на базе которых могут быть созданы органы государственного надзора за качеством во всех промышленных центрах страны.

## **Экзамен держат вещи**

Одна из основных задач стандартизации — государственная аттестация качества продукции, а это, в свою очередь, — одно из звеньев хозяйственной реформы, намеченной сентябрьским Пленумом ЦК КПСС 1965 года и одобренной XXIII съездом партии. На государственную аттестацию будет представляться лучшая продукция, выпускаемая предприятиями, переведенными на новые условия планирования и экономического стимулирования. Продукция эта должна полностью соответствовать государственным стандартам и современному техническому уровню как по всем своим основным характеристикам, так и по надежности и долговечности в эксплуатации, удовлетворять требованиям народного хозяйства и потребителей.

Но что значит «аттестовать» ту или иную вещь: с точки зрения технического контроля аттестация может быть двоякой — «вещь годная» и «вещь негодная». Предположим, что выпущены два однотипных изделия и оба признаны годными, но одно из них сделано лучше, добротнее и будет дольше служить, а другое — хуже. До недавнего времени так и было, но разница в качестве изделий по существу нигде не фиксировалась. Исключение составляли некоторые изделия легкой промышленности, на которые устанавливались сорта.

Теперь положение меняется, и суть изменений состоит в том, что вещи будут держать своего рода экзамен. Если вещь изготовлена отлично, значит, она может быть удостоена аттестата с отличием. Для обозначения такой продукции вводится специальный знак качества, утвержденный Комитетом стандартов, мер и измерительных приборов. Пройдет немного времени, и мы увидим его на самых разнообразных изделиях, на миниатюрных часах и мощных станках, на фотоаппаратах и сельскохозяйственных машинах, на одежде, обуви.

Право выдвинуть свои изделия на присвоение знака качества будет иметь каждое предприятие. Но оно обязано будет представить все данные, подтверждающие высокий уровень представляемого на аттестацию изделия.

Каждое предложение завода или фабрики о присвоении выпускаемому ими изделию знака качества будет рассматриваться специальными государственными аттестационными комиссиями, в состав которых будут входить представители Комитета стандартов, министерств — изготовителей и потребителей и научно-технической общественности. Комиссии должны будут тщательно проверить, как на предприятии соблюдаются требования государственных стандартов, технологическая дисциплина, как обеспечивается высокое качество изделия, как организован контроль качества.

Разрешение на применение знака качества будет выдаваться предприятию только на определенный срок — от одного до трех лет. Для чего это делается? Чтобы обеспечить стабильность качества аттестованной продукции. Государственный надзор за качеством аттестованной продукции будет осуществляться Комитетом стандартов. Если Комитет обнаружит, что качество аттестованного изделия в течение этого срока снизилось, он может лишить предприятие права ставить знак качества на изделие.

Какие выгоды получают от введения знаков качества потребители? Они совершенно очевидны. Допустим, вы решили приобрести часы, фотоаппарат или другую нужную вам вещь. Заходите в магазин. На витрине выставлены часы различных заводов, разных моделей и образцов. Вы, конечно, хотите приобрести на отложенные для этого деньги самые лучшие часы, которые бы верой и правдой служили вам много лет. Но как узнать, какие из них лучше? Вам помогут определить это знаки качества. Покупая изделие с таким знаком, потребитель может быть уверен, что он приобрел вещь действительно высокого класса, отвечающую по всем своим данным современному техническому уровню.


Ну, а какие выгоды получит производитель? Чтобы усилить заинтересованность предприятий в повышении качества продукции, производство аттестованных изделий будет экономически стимулироваться. Предполагается ввести надбавки к оптовым ценам предприятия на аттестованную продукцию. Эти надбавки должны возместить дополнительные затраты, необходимые для улучшения качества изделий. Часть прибыли от реализации аттестованной продукции будет направляться в фонд материального поощрения предприятия и расходоваться на премирование работников, участвующих в производстве аттестованной продукции. Таким образом, в выпуске изделий со знаком качества будет заинтересовано как предприятие в целом, так и каждый член его коллектива.

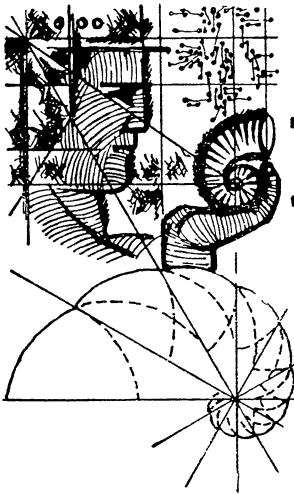
Вместе с тем оптовые цены на продукцию пониженного качества будут ниже обычных оптовых цен.

Наряду с введением знаков качества намечается ввести специальные стандарты, в которых будет закреплён высший уровень показателей качества, достигнутый в аттестованной продукции. На предприятиях, уже выпускающих аттестованную продукцию, такие стандарты будут внедряться немедленно, на других же предприятиях, изготавливающих аналогичные изделия,— в сроки, устанавливаемые по согласованию с министерствами. В этих стандартах будут также устанавливаться повышенные показатели качества сырья, материалов и комплектующих изделий, необходимых для выпуска аттестованной продукции.

Осуществление государственной аттестации продукции началось у нас в 1967 году. На 1 августа знак качества получили уже 160 видов изделий. Первый знак качества был присвоен электродвигателям, выпускаемым заводом им. Владимира Ильича.

Система знаков качества, присваиваемых различным промышленным изделиям, получила в последние годы широкое распространение в ряде социалистических и высокоразвитых капиталистических стран. Нет сомнения, что и у нас введение знаков качества будет способствовать общему повышению качества, надёжности и долговечности всех изделий, выпускаемых отечественной промышленностью.





## Беседа 17



### НЕСКОЛЬКО УРОКОВ ПРИРОДЫ

#### **Можно ли создать надежное устройство из ненадежных элементов?**

Итак, мы рассмотрели пути повышения и сохранения надежности на этапах проектирования, серийного производства и, наконец, эксплуатации промышленных изделий. Однако все мероприятия, направленные на повышение надежности выпускаемых изделий, могут дать наибольший эффект тогда, когда они будут основаны на знании теории надежности.

Сейчас становится все более очевидным, что теория надежности перерастает в самостоятельную отрасль науки — науку о надежности. На чем же базируется эта наука?

Во всех случаях, когда те или иные явления носят массовый характер и когда причинно-следственные связи между ними не могут быть установлены, мы имеем дело с так называемыми случайными величинами. Закономерности, которым они подчиняются, изучаются математической статистикой и теорией вероятностей.

Надежность сложного технического устройства или системы зависит от множества взаимосвязанных факторов и случайных величин и является типичным статистическим параметром. Поэтому наука о надежности прежде всего опирается на законы математической статистики и теории вероятностей. Однако эта наука призвана ре-

шать свои специфические задачи. Она должна устанавливать закономерности возникновения отказов и восстановления работоспособности изделий и их элементов, рассматривать влияния внешних и внутренних воздействий на процессы в машинах, аппаратах, приборах, создавать основы расчета надежности и прогнозирования отказов, изыскивать способы повышения надежности при конструировании и изготовлении изделий и их элементов, а также способы сохранения надежности при эксплуатации.

Одной из наиболее интересных и перспективных проблем науки о надежности является исследование возможности и путей создания высоконадежных технических устройств и систем из менее надежных элементов.

Оценивая возможные пути решения проблемы надежности, мы можем сказать, что здесь существует два основных направления.

Первым направлением является всемерное повышение надежности всех элементов, из которых создаются современные технические устройства и системы. Все практические вопросы повышения надежности, рассмотренные нами в предыдущих беседах, были в той или иной степени связаны именно с этим направлением. Сюда относятся и выбор при проектировании и изготовлении технических устройств наиболее совершенных, перспективных элементов, и облегчение режимов их работы, и применение упрочнения для наиболее ответственных узлов и деталей, и расчет кратности их сроков службы, и осуществление профилактической замены близких к износу элементов при эксплуатации изделий и многое другое.

Чем выше качество и надежность элементов, тем надежнее устройство. Однако, несмотря на все достижения в этой области, мы не всегда в состоянии обеспечить требуемый уровень надежности сложных технических систем и устройств.

Анализируя условия надежной работы сложных устройств, мы убедились, что она зависит не только от качества, надежности используемых элементов, но и от их количества. Чем больше количество элементов в любом техническом устройстве, тем выше должна быть надежность каждого из них, чтобы обеспечить заданную надежность всего устройства. Но технический прогресс приводит к постоянному усложнению технических устройств и систем, их изготавливают из все большего и большего количества составных элементов. Рост количества используемых элементов обгоняет рост их надежности.

В этих условиях мысль человека невольно направляется на поиски принципиально иного пути решения проблемы, люди начинают задумываться: а нельзя ли создавать высоконадежные системы и устройства из менее надежных элементов?

На первый взгляд это звучит парадоксально. Однако окружающая нас природа дает яркие примеры исключительно надежных систем, состоящих из огромного количества менее надежных, а порой и крайне ненадежных элементов. Это — живые организмы.

## **Чему учит природа**

Человек постоянно учится у природы, ей он обязан многими своими достижениями. Создатели первых кораблей и подводных лодок изучали строение организма рыб. Николай Егорович Жуковский при разработке теории воздухоплавания изучал полет птиц. И творцам современных машин есть чему поучиться у природы. Попробуем посмотреть, как решается проблема надежности в природе.

Человеческий мозг... Можно смело сказать, что и сегодня среди всех творений человеческих рук, среди всех чудес техники нет ничего, что хотя бы отдаленно приближалось к нему по целесообразности устройства, а главное по надежности и гибкости работы.

Наши познания о структуре и составе мозга еще весьма далеки от полноты. Академик А. И. Берг пишет в своей книге (А. И. Берг. Кибернетика и надежность, изд-во «Знание», 1964, стр. 52), что если еще совсем недавно считали, что в головном мозге человека около 14—15 миллиардов первичных клеток-нейронов, то сейчас получены новые данные, дающие основания предполагать, что только один мозжечок — отдел головного мозга, корректирующий и настраивающий работу центральной нервной системы, содержит чуть ли не сто миллиардов червных клеток. Мозг целеустремленно управляет ста триллионами клеток организма!

Создавая средства современной электронной автоматики, человек учится у природы так же, как он учился, создавая орудия физического труда. Но мозг человека бесконечно сложнее рук и ног. Если бы мы захотели создать электронную машину с количеством элементов, приближающимся к количеству клеток человеческого мозга, то при использовании даже самых микроминиатюрных элементов объем такой машины превысил бы объем нового здания Московского государственного университета. Для питания такой машины потребовалась бы электростанция мощностью в несколько десятков миллионов киловатт, а для охлаждения — большая река.

А человеческий мозг свободно помещается в черепной коробке, занимая объем лишь около 1,5 кубических дециметра, потребляет всего несколько десятков ватт и при всем этом выполняет свои сложнейшие функции с поразительной надежностью, которой может позавидовать самое совершенное в мире техническое устройство.

Чем же объяснить столь изумительную надежность работы человеческого мозга? Может быть, очень высокой надежностью каж-

дого нейрона? Оказывается, нет. Отдельно взятый нейрон представляет собой значительно менее надежный элемент, чем, например, электромеханическое реле, радиолампа или транзистор.

Однако если любое техническое устройство при последовательном соединении всех используемых в нем деталей прекращает работу при выходе из строя любого блока и даже одного элемента, человеческий мозг сохраняет работоспособность при выходе из строя многих миллионов нейронов, целых участков нервной системы.

Известно, например, что великий микробиолог Пастер сделал свои самые замечательные открытия уже после кровоизлияния в мозг, когда у него действовала лишь одна половина мозга, а другая была парализована.

Все знают, что писатель Н. А. Островский свой роман «Как закалялась сталь» писал уже прикованный к постели, пораженный параличом, теряя зрение...

Конечно, и мозг человека, пишет академик А. И. Берг, как любое творение природы, обладает не одними достоинствами, ему присущи и известные недостатки. Мозг работает медленно, и это не устраивает человека. Он обладает недостаточной памятью и способен забывать нужное, его работа нарушается при переутомлении и нарушении питания.

Перелагая простейшие функции мозга на электронные машины, человек тем самым «исправляет» некоторые его недостатки. Однако любая, самая совершенная электронная машина имеет по сравнению с мозгом один существенный недостаток — ее работа неизмеримо менее надежна. Способность мозга надежно работать с большими резервами, с ничтожной затратой энергии, при его небольших габаритах и весе — непревзойденна.

Высокая надежность характерна не только для мозга человека. Мы часто жалуемся на свое сердце, сетуем на то, что к старости оно начинает пошаливать. Но задумываемся ли мы над тем, какую гигантскую работу в течение жизни человека выполняет оно?

Наше сердце сокращается 60—70 раз в минуту, и при каждом сокращении выбрасывает в сосуды 60—70 кубических сантиметров крови. Это значит, что за час сердце перекачивает около 300 литров крови, за сутки — свыше 7 тысяч литров, за год — 2 миллиона 500 литров, за 70 лет — 175 миллионов литров! Целое озеро глубиной 2,5 метра, шириной 70 метров и длиной 1000 метров.

За 70 лет жизни человека сердце сокращается почти 3 миллиарда раз! Можем ли мы назвать хоть одно техническое устройство, которое могло бы безотказно выдержать хотя бы сотую часть такого количества включений и выключений?



Все это показывает, насколько далека еще надежность самых совершенных технических устройств и систем от надежности работы живых организмов.

Благодаря исключительно целесообразной организации надежность работы человеческого организма оказывается значительно выше, чем надежность каждого из его органов. Таким образом, живые организмы представляют собой яркий пример высоконадежных систем, состоящих из огромного количества менее надежных, а порой и крайне ненадежных взаимодействующих элементов.

Великий русский ученый И. П. Павлов писал: «Человек есть, конечно, система (грубее говоря — машина), как и всякая другая в природе, подчиняющаяся неизбежным и единым для всей природы законам; но система, в горизонте нашего современного научного видения, единственная по высочайшему саморегулированию».

Именно эта, саморегулируемая и благодаря этому исключительно надежная система может во многом служить прообразом для создания сложнейших технических систем.

Стремясь повысить надежность сложных технических устройств и систем, мы часто дублируем отдельные элементы и детали изделия и создаем запасы прочности. Природа тоже использует метод резервирования, но идет не такими простыми путями.

Изучение живой природы помогало человеку при конструировании многих сложных технических устройств. Всем известно, какие исключительно высокие требования предъявляются к надежности космических кораблей и ракет, особенно несущих на себе человека. Каким же образом удается добиться такой надежности?

Кроме совершенствования конструкций и технологий изготовления отдельных деталей и узлов, есть несколько путей.

Первый и наиболее простой — дублирование используемых элементов. Однако хотя дублирование позволяет повысить надежность системы, возможность его применения при создании космической аппаратуры очень ограничена, так как это связано с увеличением ее размеров и веса.

Второй путь, заимствованный из арсенала природы, — использование так называемой функциональной избыточности. Функциональной избыточностью называется способность организма при выходе из строя тех или иных его элементов возлагать выполнение их функций на другие элементы.

Более сложным путем, также заимствованным у природы, является самоперераспределение функций элементов системы. В этом случае сохранившие работоспособность элементы не только принимают на себя функции элементов, вышедших из строя, но и перестраиваются и даже меняют свою «квалификацию», чтобы обеспечить жизнеспособность организма. Известны случаи, когда после

резекции желудка его функции брали на себя другие органы. Пищеварение при этом происходило не на кислотной основе, как обычно, а на щелочной — под влиянием желчи.

Система биологического типа в состоянии сама решать, когда, сколько, каких групп элементов необходимо включить взамен вышедших из строя для решения той или иной задачи.

Очевидно, основной путь к достижению высокой надежности состоит в создании таких технических систем, которые не только автоматически предупреждают о возможности выхода из строя той или иной части системы, но, подобно тому, как это делается в живом организме, автоматически вводят в действие резервные элементы и каналы, исключая опасность того, что система прекратит работать.

Создание самонастраивающихся и саморегулируемых машин, которые, подобно живым организмам, смогут приспосабливаться к изменяющимся условиям работы и восстанавливать утраченную работоспособность, позволит надеяться, что машина будет надежно выполнять заданную работу в течение длительного времени, и не надо будет опасаться ни внешних воздействий, ни процессов, происходящих в самой машине. В настоящее время такие машины уже начинают создаваться, но все же это пока завтрашний день нашей техники. А впрочем... жизнь показывает, что в век технического прогресса «завтра» очень часто наступает быстрее, чем мы думаем.

Приведенные примеры показывают, какую огромную пользу в борьбе за повышение надежности новой техники может извлечь человек, изучая уроки живой природы. Можно с уверенностью сказать, что это позволит нашим инженерам, техникам и рабочим создавать технические устройства столь высокой надежности, о какой сейчас трудно и мечтать.

## **Врач и инженер**

Итак, можно провести немало аналогий между машиной и живым организмом. Вспомним, что, когда речь шла о физической сущности отказов, мы говорили, что жизнь любой машины делится на три этапа: приработки, нормальной эксплуатации и износа.

А жизнь человека? Разве она не напоминает те же этапы? Детство... Сравнительно короткое, но такое своеобразное время. И трудное: ведь больше всего мы бодем в детстве, когда организм еще не окреп.

Затем, если развитие организма идет нормально и сопровождается всесторонней физической закалкой, наступает продолжительный период зрелости, когда человек наиболее работоспособен и жизнестоек, а «отказы», т. е. болезни, наступают сравнительно редко и носят преимущественно случайный характер.

Но рано или поздно наступает старость, когда уже вследствие возрастных изменений сердце и другие органы человека начинают работать хуже, чаще отказывать, пока не наступает смерть.

Говоря об общей задаче повышения надежности технических устройств и изделий, мы указывали, что она сводится к тому, чтобы сократить период приработочных отказов, отдалить, с помощью профилактических мероприятий, наступление износных отказов и за счет этого увеличить продолжительность периода нормальной эксплуатации изделий, сосредоточив все внимание на доведении до минимума случайных отказов, могущих возникнуть в этот период.

Разве не аналогичные задачи стоят перед медициной? Медицина также стремится к тому, чтобы, обеспечив нормальное развитие ребенка, отдалить по возможности наступление старости человека, увеличив продолжительность его полноценной жизни, направив все свои силы на борьбу с болезнями, т. е. со случайными «отказами» организма.

Конечно, было бы неправильно механически переносить закономерности, свойственные живому организму, на технические устройства, и наоборот. Однако, учитывая всю условность такой аналогии, мы все же полагаем, что она помогает понять физическую сущность проблемы надежности, и хотим несколько продолжить ее.

Живой организм намного сложнее любой машины, и тем не менее наша диагностика добилась за последнее время больших успехов. А вот инженеров отказы машины часто застают врасплох, так как диагностике «заболеваний» машин, т. е. их неисправностей, не уделяется должного внимания. А возможности у инженеров намного больше. Ведь врач имеет дело с организмом человека, созданным природой, машину же человек создает сам, по своему усмотрению, по своему проекту.

Как бы ни совершенствовалась медицинская техника, врач не может непосредственно наблюдать работу многих органов человека. Инженер, техник или механик могут разобрать самое сложное изделие, обнаружить, отремонтировать или заменить отказавшую деталь, вновь собрать изделие, после чего оно будет нормально работать долгий срок.

Правда, и у врачей есть некоторые преимущества, так как, почувствовав себя плохо, человек сам обращается к врачу, а машина молчит. Впрочем, молчит ли? Прослушивание работающего механизма практикуется издавна. Делается это и при выпуске машин на заводе, и при контроле за их техническим состоянием в процессе эксплуатации. Если внимательно прослушать машину, как врач выслушивает больного, можно сделать заключение о ее состоянии. Например, громкий стук или скрежет свидетельствует о «болезни» машины, т. е. о необходимости немедленного ремонта. Труднее,

если о своих неисправностях машина «говорит шепотом» и прослушать его не может самое натренированное ухо механика.

Значение шума для технической диагностики очень велико. Ведь он доносит «голоса» всех деталей машины, сообщая, что делается в самых укромных ее уголках. Чтобы воспользоваться этим источником информации, надо уметь услышать каждую деталь, научиться понимать, о чем они рассказывают.

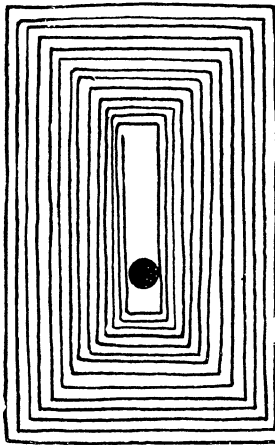
Но как это сделать? Врач пользуется при прослушивании больного стетоскопом. А чем может воспользоваться инженер? Оказывается, и здесь есть выход. Очень интересный опыт проведен в Сибирском филиале Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства. Там создан прибор, позволяющий прослушивать и анализировать шумы машин. При помощи этого прибора было организовано «прослушивание» трансмиссий тракторов, прибывших на ремонт. Поставленный диагноз во всех случаях подтвердился после разборки машин.

Сейчас при ремонте до винтика разбирается каждый трактор. Это ведет к дополнительной порче машины, к ненужным затратам. В том же филиале ВИМ разработано простое кибернетическое устройство, позволяющее установить неисправность в гидравлической системе, не разбирая трактор. А гидравлическая система — сложный узел, на долю которого приходится около 18% всех поломок тракторов.

Во многих технических устройствах есть специальные приспособления, которые способны сигнализировать о неисправности и месте ее возникновения.

Технический прогресс, усложняя многие задачи, стоящие перед человеком, создает в то же время средства и возможности для успешного решения этих задач.





## **ПРОБЛЕМА НАДЕЖНОСТИ ЗА РУБЕЖОМ**

### **Что тревожило Пентагон?**

Проблема надежности в капиталистических государствах имеет иное значение, чем у нас, к ее решению там подходят с совершенно других позиций. В социалистическом государстве проблема надежности рассматривается с точки зрения лучшего удовлетворения потребностей всех членов общества и более успешного развития всей экономики. В капиталистическом же государстве борьба за повышение надежности изделий вызывается жестокой конкуренцией частных фирм и предприятий, стремлением обеспечить преимущественный сбыт своей продукции и увеличить таким путем свои прибыли.

Как и многие другие проблемы развития техники, проблему надежности в капиталистических государствах прежде всего пытаются решить в связи с гонкой вооружения, с эффективностью использования новых видов оружия и боевой техники. Именно низкая надежность многих видов непрерывно усложняющейся военной техники была основной причиной, которая выдвинула проблему надежности в США и других капиталистических государствах в число важнейших.

Развитие военной техники за последние десятилетия шло исключительно быстрыми темпами. Немногим более ста лет назад пушки отливали из чугуна и бронзы и накрепко устанавливали на деревян-

ных лафетах. Для изготовления орудий требовались только литейщики и плотники. Каждое орудие делали вручную. Какие бы то ни было чертежи и технические условия не были нужны, был бы ствол прямым и гладким.

Примерно пятьдесят лет назад появились пушки со стальными стволами и сложными приводными механизмами для ручной наводки орудия. Системы механического привода совершенствовались, было изобретено автоматическое управление. На изготовление орудий стали составлять подробные технические условия, включавшие все основные параметры, которым они должны были удовлетворять, оговаривались применяемые марки стали, требования к технологии изготовления и сборки и т. д. В проектировании и изготовлении орудий участвовали уже не два человека, а сотни различных специалистов.

Еще сложнее стало изготовление крупнокалиберных автоматических боевых средств, применявшихся в конце второй мировой войны. Эти средства были оснащены автоматическим управлением с помощью радиолокационной аппаратуры, им уже были присущи скорострельность, маневренность, дальность и точность.

А современные управляемые снаряды с их системами управления огнем и с особенностями самонаведения? По сложности конструкции их даже нельзя сравнить с орудиями, которые в 1945 году громили гитлеровские армии под Берлином.

Еще характернее быстрое развитие и усложнение для авиационной техники. Всего 60 лет назад человеку удалось впервые подняться в воздух. Сейчас мы с улыбкой вспоминаем первые самолеты. Они не имели на борту никаких приборов управления. В редких воздушных боях, происходивших в первой мировой войне, в качестве оружия использовались лишь пистолеты и винтовки. В те годы с самолета впервые были сброшены бомбы, причем сбрасывали их вручную. А через каких-нибудь 20 лет после этого самолет стал эффективной боевой машиной, с многочисленными приборами и системами управления.

Огромную роль в совершенствовании боевой техники, в том числе и авиационной, сыграло развитие радиоэлектроники. О насыщенности самолетов радиоэлектронным оборудованием свидетельствуют следующие цифры. До первой мировой войны стоимость всего радиоэлектронного оборудования военно-воздушных сил США составляла около 4 тысяч долларов. Перед второй мировой войной радиоэлектронное оборудование лишь одного самолета стоило от 3 до 5 тысяч долларов. А в пятидесятых годах стоимость электронного оборудования одного реактивного бомбардировщика достигала уже 750 тысяч долларов. Сейчас на вооружении имеются полностью автоматизированные самонаводящиеся межконтинентальные

баллистические ракеты, управляют которыми с помощью электронно-вычислительных машин.

Не меньшую роль играет радиоэлектронное оборудование и в морском флоте. Американская подводная атомная лодка «Дейс» (подновленный вариант затонувшей лодки «Трешер») стоит 60 миллионов долларов, но, как сообщает журнал «Электроникс», примерно половина этой суммы падает на электронное оборудование.

Форсированное развитие и усложнение военной техники не могли не сказаться на ее надежности. Это с особой остротой проявилось в период второй мировой войны. Уже в конце ее (1944—1945 гг.) и особенно во время войны в Корее (1950—1952 гг.) появились сигналы, которые не могли не вызвать в США серьезной тревоги. 60% самолетного оборудования, переброшенного из США в течение второй мировой войны на Дальний Восток, оказалось неисправным. В 1949 году около 70% морской радиоэлектронной аппаратуры США находилось в нерабочем состоянии. Изучение поступавших из Кореи донесений показало, что средства радиосвязи из-за различных неисправностей бездействовали 14% времени, гидроакустическое оборудование — 48%, радиолокационное — 84% времени.

По данным ВВС США межремонтный срок работы радиоэлектронного оборудования самолетов-бомбардировщиков не удавалось поднять выше 20 часов.

Низкая надежность многих видов боевой техники и особенно радиоэлектронного оборудования вынуждала тратить огромное количество запасных частей и материалов на его ремонт и содержание. В военно-морском флоте США, например, в тот период в 4 тысячах образцов используемой аппаратуры потребовалось заменить за год 180 тысяч радиоламп. В военно-воздушных силах США в эти годы на один доллар стоимости аппаратуры ежегодно тратилось два доллара на уход за ней.

По заявлению президента Американской ассоциации стандартов Халловела отказы отдельных узлов и деталей сложной современной электронной аппаратуры обходятся США ежегодно в 20 миллиардов долларов.

Выступая в 1959 году на симпозиуме по вопросам надежности, помощник заместителя начальника штаба ВВС США по материальному обеспечению генерал-майор Тёрмен сообщил, что из-за недостаточной надежности аппаратуры вооруженные силы вынуждены держать на своих складах на 21 миллиард долларов запасных частей и прочего имущества, причем ежегодно приходится добавлять этого имущества на 2 миллиарда долларов. Во всей системе Министерства обороны каждый седьмой военнослужащий и каждый

пятый вольнонаемный являются специалистами по ремонту и обслуживанию аппаратуры.

Естественно, что в условиях гонки вооружений это не могло не вызвать тревоги у милитаристов США. Становилось все более очевидным, что повышение надежности является решающим условием эффективности использования новой военной техники. Боевая эффективность всех видов оружия и систем оборудования самолетов, управляемых снарядов, кораблей, пушек и средств связи в любой будущей войне, писал в 1956 году помощник министра обороны США по применению техники, зависит от надежности любых самых малых деталей и частей, применяемых в сложных электронных системах. Однако дальнейшее развитие и совершенствование военной техники, широкое применение в ней средств автоматики и телемеханики, электронных вычислительных машин еще больше усложняло решение проблемы надежности. Как мы знаем, в настоящее время многие радиоэлектронные системы состоят уже из нескольких сот тысяч, а нередко и миллионов различных элементов. Так, вычислительное устройство AN/FSQ-7 системы дальнего обнаружения противовоздушной обороны США содержит более 50 тысяч ламп, 170 тысяч диодов, 547 тысяч сопротивлений, 189 тысяч конденсаторов и много других деталей. Система приборов управляемого снаряда «Найк» состояла более чем из полутора миллионов деталей.

Обеспечить высокую работоспособность столь сложных систем лишь повышением надежности входящих в них деталей почти невозможно, так как для этого вероятность безотказной работы используемых деталей должна была бы выражаться цифрой 99% с добавлением 8—10 девяток после запятой. Требовались поиски других более эффективных путей повышения надежности сложных систем.

Наряду с ростом сложности радиоэлектронных систем непрерывно усложнялись и условия, в которых они должны были действовать. Широкие пределы изменения температуры и давления окружающего воздуха, воздействие влажности, ударов и вибрации, влияние высоты и радиации — таковы условия, в которых должна безотказно работать современная военная техника. Не удивительно, что срок работы радиоэлектронного оборудования в реальных условиях эксплуатации оказывался значительно ниже, чем в лабораторных условиях.

По опубликованным в канадской печати данным срок работы для радиоэлектронного оборудования эскадренного миноносца до первого отказа в лабораторных условиях составлял 165 часов, а при ходовых испытаниях корабля — 1,7 часа. Соответственно, срок службы морского радиолокатора в лаборатории был равен 1650 часам, а на корабле — лишь 18 часам.



Обеспечить высокую надежность радиоэлектронной аппаратуры трудно еще и потому, что в современной военной технике ее габарит, вес и потребляемая мощность на единицу объема должны быть минимальными. По имеющимся в литературе сведениям фирма RCA ведет работы по созданию аппаратуры с плотностью заполнения до 176 тысяч деталей на кубический дециметр.

Добиться в этих условиях высокой надежности таких сложных устройств и систем, как управляемые снаряды, межконтинентальные баллистические ракеты, космические корабли — задача исключительной трудности. Низкая надежность сводила на нет то преимущество, которое, по расчетам правящих кругов США, должна была дать их вооруженным силам бешеная гонка вооружений. Поэтому они стремились во что бы то ни стало найти пути повышения надежности военной техники. Ибо ее, и только ее, империализм США мог противопоставить нарастающему, как снежная лавина, освободительному движению народов.

## **Организационные формы решения проблемы**

В пятидесятых годах в США широким фронтом развернулись работы, направленные на решение проблемы надежности и прежде всего надежности радиоэлектронного оборудования. Во-первых, изыскивались наилучшие организационные формы, способствующие успешному решению этой проблемы, и, во-вторых, тщательно изучались возможные технические пути повышения надежности.

Организационная система решений проблемы надежности была разделена на две как бы самостоятельные части: на систему, действующую сверху (центральные организации, создаваемые Министерством обороны — Пентагоном, Ассоциацией электронной промышленности, инженерными обществами и действующие в общегосударственном масштабе), и систему, действующую снизу (организации и службы надежности, создаваемые в промышленности и действующие в масштабе компаний).

Консультативная группа AGREE, созданная в системе Пентагона, в первые годы изучала надежность военной радиоэлектронной аппаратуры и выбирала основные направления для решения этой проблемы. В 1956 году при консультативной группе было создано девять рабочих комитетов по числу основных направлений работ. Вот эти направления:

1. Установление допустимых величин надежности различных видов военной радиоэлектронной аппаратуры.
2. Разработка основных требований к испытаниям на надежность макетов и опытных образцов проектируемых изделий.

3. Разработка основных требований к испытаниям на надежность опытных партий и серийных образцов.

4. Выбор методов конструирования аппаратуры, обеспечивающих заданную надежность.

5. Установление критериев и разработка методов определения надежности деталей и ламп.

6. Изучение существующей практики заключения договоров на разработку и поставку радиоэлектронной аппаратуры с точки зрения обеспечения ее надежности.

7. Исследование существующих способов упаковки и транспортировки аппаратуры.

8. Анализ влияния хранения на надежность и разработка рекомендаций по этому вопросу.

9. Исследование способов поддержания надежности аппаратуры при ее эксплуатации.

К началу 1957 года все рабочие комитеты закончили свою работу и представили информационные доклады. 4 июня 1957 года выпустили отчет «Надежность военного радиоэлектронного оборудования». Рекомендации, приведенные в этом документе, легли в основу дальнейшей работы по повышению надежности радиоэлектронной аппаратуры.

Большим влиянием в решении проблемы надежности пользуется Ассоциация промышленников (EIA), объединяющая представителей радиоэлектронной, электротехнической и телевизионной промышленности. При ней в 1953 году был создан Комитет по разработке процессов качественной оценки электронной аппаратуры. В составе Комитета были три совещательные группы: по лампам, узлам и системам. К работе Комитета, помимо ведущих инженеров промышленности, привлекались представители Пентагона.

Большую работу проводят и инженерные общества: радиоинженеров, инженеров-электриков и общество по контролю качества.

В тот же период отдельными фирмами были созданы службы контроля надежности, выполняющие сложные и разнообразные функции. Например, на службу контроля надежности фирмы RCA в Кемдене возлагались следующие функции:

контроль договоров, проводимый с целью обеспечить получение от поставщиков высококачественных деталей и материалов;

контроль системы, осуществляемый на этапе разработки и согласования тактико-технического задания и технических условий, с тем чтобы фирма могла принять выполнимые нормы надежности, являющиеся в то же время более высокими, чем нормы, предлагаемые конкурирующими фирмами;

контроль проектирования, предусматривающий проведение контрольных работ по определению норм надежности применяемых

блоков, узлов и приборов, по выбору элементов схемы и режимов их использования, по расчету надежности схемы и по созданию конструкции системы;

контроль производства, предусматривающий пооперационный контроль, контроль элементов, блоков, узлов с проверкой соответствия их чертежам и техническим условиям;

предупредительный контроль продукции, предусматривающий предварительную инженерную оценку изготовленного образца и степени его надежности до предъявления этого образца ОТК и заказчику;

контроль в полевых условиях, т. е. проверка при испытаниях на полигоне, а также в ходе опытной эксплуатации системы.

Таковы организационные формы решения проблемы надежности в военном ведомстве и промышленности США. Эти формы еще окончательно не установились. Они постоянно развиваются и совершенствуются применительно к новым задачам.

## **Симпозиумы. Технические пути решения проблемы**

Большое значение имеют ежегодно проводимые в США национальные симпозиумы по надежности, которые организуются инженерными обществами. Активное участие в проведении симпозиумов принимают также управления и организации Пентагона и представители промышленных фирм, в том числе и иностранных. Всего было проведено 12 таких симпозиумов, причем с каждым годом росло количество докладов на них и расширялся круг обсуждаемых вопросов.

На первых симпозиумах обсуждались почти исключительно вопросы надежности радиоэлектронного оборудования. Однако в ходе работы становилось очевидно, что проблема надежности носит более общий характер. Поэтому в организации и проведении последних симпозиумов начали принимать участие и инженерные общества машиностроения, приборостроения и других отраслей.

Какие же технические пути решения проблемы намечаются в США? Ответ на этот вопрос можно найти в упомянутых выше докладах рабочих комитетов консультативной группы по надежности, а также в материалах последних симпозиумов.

Как в докладах AGREE, так и во многих выступлениях на симпозиумах подчеркивалось, что одна из основных причин недостаточной надежности радиоэлектронной аппаратуры — отсутствие в технических условиях каких-либо конкретных количественных требований к надежности. Об этом образно сказал Э. Л. Лэмберт, главный руководитель по надежности и контролю отделения фирмы «Мартин и К<sup>0</sup>», занимающейся производством межконтинентальных

ракет: «Знаем ли мы, какая надежность нам нужна? Бесспорно, что в этом состоит первая организационная задача проблемы надежности. Затраты миллионов долларов без этого знания или вследствие недостаточности этого знания — шаг к экономическому, а может быть, и военному самоубийству».

Поэтому управления Пентагона, т. е. заказчики, и крупнейшие промышленные фирмы-изготовители признали необходимым включать в тактико-технические задания и технические условия и контракты на всю разрабатываемую и изготавливаемую радиоэлектронную аппаратуру самостоятельный пункт о надежности как один из главных показателей, характеризующих изделие. Обе стороны пришли к единому мнению, что без этого невозможно добиться поставки надежной аппаратуры.

Как же определить необходимую и реально достижимую степень надежности заказываемой аппаратуры? Определение возможных норм надежности для перспективной военной аппаратуры различного назначения занимает центральное место в докладе рабочего комитета № 1 консультативной группы по надежности. В качестве основной характеристики надежности комитет принял «наработку на отказ», т. е. средний период безотказной работы аппаратуры между двумя соседними отказами.

После тщательного исследования вопроса, многочисленных выездов в войска и бесед с компетентными офицерами представители этого комитета сочли возможным рекомендовать в первом приближении нормы надежности для радиоэлектронной аппаратуры, которую планировалось принять на вооружение. Естественно, что в последующие годы нормы надежности различных образцов военной техники подвергались изменениям и уточнениям, но они стали неотъемлемой частью всех технических условий на разработку аппаратуры.

Одним из первых шагов в решении проблемы надежности явилось выяснение причин частых отказов и быстрого выхода из строя радиоэлектронного оборудования. С этой целью были проведены массовые обследования радиоэлектронной аппаратуры во многих частях армии, ВВС и флота. Обследованию подвергались тысячи единиц аппаратуры и многие сотни тысяч примененных в них деталей и ламп. Тщательно изучались условия и особенности эксплуатации различных видов электронной аппаратуры, система их ремонта, транспортировки и хранения на складах. Эти обследования, проводимые как непосредственно военным ведомством, так и совместно с фирмами-поставщиками, показали, что значительная часть неисправностей аппаратуры вызывалась низкой надежностью используемых в ней элементов.

Рабочий комитет № 5, занимавшийся исследованием ламп и деталей, пришел к выводу, что действовавшие тогда технические условия на элементы аппаратуры военного назначения не отражали необходимого уровня надежности. Количество элементов, приходящихся на один экземпляр аппаратуры, росло значительно быстрее, чем надежность этих элементов. Между тем чтобы обеспечить необходимую надежность сложной аппаратуры и систем, требовалось создать практически безотказные элементы.

Уровень надежности	Условное обозначение	Опасность отказов в процентах на 1000 часов	Примечание
Рыночный	<i>O</i>	20	Для изделий общего пользования, не требующих количественной оценки надежности
Низкий	<i>R</i>	1,5	Для изделий неотвественного назначения, которые должны иметь количественную оценку надежности
Стандартный военный	<i>S</i>	0,5	Сюда относятся элементы уровня <i>S</i> , повышение надежности которых достигнуто путем их использования в режимах работы ниже номинальных
Разгруженный стандартный	<i>DS</i>	0,15	
Верхний	<i>T</i>	0,05	Повышение надежности элементов достигается путем их использования в разгруженных режимах работы
Разгруженный верхний	<i>DT</i>	0,01	
Высший	<i>U</i>	0,005	

Во вступительном слове на пятом симпозиуме генерал-майор Тёрмен привел пример с межконтинентальным баллистическим снарядом «Атлас». Для того чтобы снаряд «Атлас» имел вероятность безотказной работы 90%, т. е. мог поразить цель в 9 случаях из 10, необходимо, чтобы каждая из 300 тысяч его деталей имела вероятность безотказной работы не ниже 99,99996%.

Поскольку массовый выпуск элементов со столь высокой степенью надежности представляет значительные производственные трудности, было принято решение разбить все элементы (любого наименования и типа) на группы с различным уровнем надежности в зависимости от области их применения. Уровень надежности определялся опасностью отказов, выраженной в процентах на 1000 часов работы. По рекомендации фирмы RCA, все элементы были разбиты на семь групп (см. таблицу на стр. 220).

В соответствии с принятыми уровнями надежности было определено, какие элементы должны применяться в различных системах военной аппаратуры. Например, для некоторых систем были установлены следующие уровни надежности:

Системы	Число элементов в системе	Требуемое время непрерывной работы системы в часах	Требуемая вероятность исправной работы системы в процентах	Опасность отказов элементов на 1000 часов работы в процентах	Потребный уровень элементов
Электронные счетные машины . . . . .	200 000	24	90	0,002	U
Система управления огнем самолета . . . . .	6000	200	80	0,016	
Система управляемого снаряда . . . . .	4000	50	95	0,025	
Подвижная военная аппаратура связи . . . . .	3000	200	80	0,033	DT
Самолетная аппаратура связи . . . . .	2000	200	80	0,050	
Судовая аппаратура . . . . .	2000	200	80	0,050	T
Радиоаппаратура сантиметрового диапазона . . . . .	1000	200	80	0,1	
Портативные радиоприборы . . . . .	500	200	80	0,2	DS

За последние годы фирмам, изготавливающим различные элементы радиоэлектронных устройств, удалось значительно повысить их уровень надежности. Если интенсивность отказов полупроводниковых триодов, выпускаемых в США, составляла в 1955 году  $60 \cdot 10^{-7}$ , то уже в 1960 году удалось уменьшить ее до  $7 \cdot 10^{-7}$ , то есть повысить надежность триодов почти на порядок.

В технических требованиях на выпускаемую в США ракету «Минитмэн» были сформулированы требования к надежности германиевых триодов еще на порядок выше —  $0,7 \cdot 10^{-7}$ . А по данным немецких

фирм им удалось достигнуть интенсивности отказов еще меньшей —  $0,3 \cdot 10^{-7}$  или  $3 \cdot 10^{-8}$ .

Если в первые годы основное внимание уделялось только электрическим элементам и особенно радиолампам, то в последние годы начали проводить исследования надежности также механических и электромеханических элементов.

### **Практическая работа по обеспечению надежности**

В результате проведенных исследований были намечены меры для повышения надежности всех используемых в военной аппаратуре элементов. Например, американцы ввели новую систему проверки качества всех элементов, отличающуюся тем, что их поставщик до представления изделий на проверку должен предварительно продемонстрировать наличие на его предприятиях достаточного количества испытательного оборудования, рациональную технологию производства и правильно организованный контроль за качеством изготавливаемой продукции. Только после этого поставщик может предъявить потребителю изготовленные им элементы на проверку их качества.

Чтобы обеспечить управления заказчика необходимой информацией о надежности различных элементов и деталей, в 1959 году во всех родах войск США были учреждены информационные центры по комплектующим изделиям. В задачу этих центров входит обмен информацией о результатах испытаний между фирмами, разрабатывающими и производящими баллистические снаряды и другие виды боевой техники.

Наряду с выбором наиболее надежных элементов большое внимание уделяется соблюдению правильных режимов их использования. Произведенное фирмой «Белл» исследование причин отказа большого количества элементов показало, что почти третья часть всех деталей (кроме ламп) выходила из строя из-за того, что они были поставлены в неправильные режимы работы. Поэтому было рекомендовано для повышения надежности элементов или деталей облегчать режим их работы, создавая, в зависимости от назначения разрабатываемой аппаратуры, трехкратный и пятикратный запас прочности.

А как обеспечить необходимую надежность при выборе схемы и конструкции изделия? Во многих фирмах был заведен такой порядок. Каждая разработанная схема перед утверждением поступает к инженерам-специалистам по надежности. Они рассматривают ее и составляют акт с рекомендациями, обязательными для дальнейшей разработки схемы.

Большое внимание уделяется тщательным и всесторонним испытаниям головных образцов аппаратуры, полноценной статистической обработке результатов этих испытаний и своевременной информации всех заинтересованных лиц и организаций об их результатах.

Широко распространен для проверки надежности в процессе разработки и эксплуатации радиоэлектронной аппаратуры так называемый метод граничных испытаний. Сущность его состоит в том, что режим работы электронной системы изменяют до тех пор, пока один из элементов или узлов не выйдет из строя. Метод граничных испытаний дает возможность заранее предопределить надежность радиоэлектронной аппаратуры, обратить внимание проектировщиков на слабые места системы и создать в этих местах необходимый запас прочности.

Каждая американская фирма издает сборники рекомендаций по обеспечению надежности при проектировании. В них отражен опыт данной фирмы, а иногда и других фирм, с учетом особенностей разрабатываемых типов аппаратуры.

Крупные фирмы, получив заказ на изготовление той или иной аппаратуры или оборудования, особенно военного назначения, в первую очередь начинают работу по обеспечению их надежности. Разрабатывается специальная программа по надежности, с поставщиками согласовываются спецификационные характеристики, методика проведения испытаний, допуски.

Чтобы гарантировать требуемый уровень надежности изделий, осуществляется тщательный входной контроль всех используемых деталей и материалов. Все материалы для ответственных изделий подвергаются испытаниям в физических, химических или физико-химических лабораториях.

Для проверки качества как готовой, так и изготавливаемой продукции в США широко применяют статистические методы контроля, которые постоянно развиваются и совершенствуются, применительно к особенностям производства различных фирм и предприятий.

На заводах широко используются наглядные пособия, которые помогают производственному персоналу избежать ошибок в процессе монтажа, сборки и установки изготавливаемой аппаратуры. К составлению такой документации привлекаются наряду с инженерами врачи-физиологи и психологи.

Для многих видов аппаратуры и оборудования созданы тщательно продуманные предупредительные плакаты, которые способствуют безопасности работы обслуживающего персонала и помогают ему поддерживать надежную работу аппаратуры в течение длительного срока. Специалисты различных фирм тщательно изучают условия транспортировки и хранения готовой аппаратуры и



оборудования, характер упаковки. Опыт показывает, что от 0,1 до 2,5% аппаратуры выходит из строя уже в процессе ее хранения.

Как в докладах на симпозиумах, так и в практической работе фирм большое внимание уделяется ремонтпригодности аппаратуры. В США принято считать, что надежность аппаратуры определяется не только ее безотказностью, т. е. временем ее исправной работы от одного отказа до другого, но и продолжительностью ремонта. Чтобы повысить ремонтпригодность аппаратуры при ее конструировании, предусматривается легкий доступ для осмотра и замены наиболее быстро изнашиваемых узлов и деталей, использование сервисной аппаратуры, сигнализирующей о появлении тех или иных неисправностей и сокращающей время на их поиски и устранение.

Во всех работах постоянно подчеркивается мысль, что высокая надежность должна быть достигнута наиболее экономичным путем, что надежность определяется не только эффективностью военной техники, но и может быть выражена в долларах.

Стоимость разработки аппаратуры обычно тем больше, чем выше ее надежность. Однако эксплуатация надежной аппаратуры требует в большинстве случаев значительно меньших затрат. Экономия за счет расходов на эксплуатацию аппаратуры может в несколько раз превышать расходы связанные с повышением ее надежности, при разработке.

Огромную роль в решении проблемы надежности играет анализ информации об отказах. Сбору и анализу такой информации уделяется в США очень большое внимание.

Информация о том, что происходит с изделием, должна быть точной, объективной и своевременной. Получение и анализ ее не должны занимать много времени. Это в значительной степени зависит от хорошо продуманной технической документации об отказах. Формы такой документации постоянно совершенствуются, что позволяет фирмам иметь исчерпывающую информацию о надежности всех интересующих их изделий.

Очень много внимания уделяется профессиональной литературе в области надежности. Все фирмы имеют справочники, в которых приводятся исчерпывающие данные о надежности их изделий, а также изделий, которые они используют для комплектации. Ведущие фирмы периодически выпускают свои руководства по надежности. Например, большую роль в борьбе за повышение надежности сыграло выпущенное в 1955 году фирмой RCA промышленное руководство под названием «Программа фирмы RCA по надежности в настоящем и будущем».

Одновременно с решением практических вопросов повышения надежности ведутся серьезные работы в области теории. Различные

исследования проводят как сами фирмы, так и по их заказам многочисленные институты, университеты и технические учебные заведения.

С целью подготовки необходимых инженерно-технических кадров во многих высших учебных заведениях введен специальный курс надежности. Такой курс изучают слушатели технологического института в Массачусетсе, в институте технологии Кейза и в других учебных заведениях, в частности военных.

## **Контроль качества на заводах „Крейслер“**

Для совершенствования контроля качества и надежности промышленных изделий за рубежом широко применяются новейшие технические средства. Интересен в этом отношении опыт использования электронных вычислительных машин для контроля сборки автомобилей на предприятиях корпорации «Крейслер».

На заводах корпорации введена в эксплуатацию так называемая «система динамического контроля качества». В системе используются вычислительный комплекс ИБМ-1710 и приборы сбора первичной информации ИБМ-357. Комплексы ИБМ-1710, работающие на кодированной информации, которая поступает в них с расположенных в узловых точках сборки приборов ИБМ-357, позволяют руководству получить отчеты о качестве сборки уже в ходе ее. Это дает возможность руководству вовремя вмешаться в ход производственного процесса и принять оперативные решения.

Система эта введена в эксплуатацию на сборочных заводах в Детройте, Хэмтрэмке и Лос-Анжелосе. На заводе «Плимут» в Детройте установлено 7 электронных станций контроля качества, обслуживающих сборочную линию длиной 5 миль. Когда автомобиль поступает на такую станцию, контролеры ОТК тщательно проверяют его, выясняют, все ли детали установлены, все ли они работают в соответствии с техническими условиями. Даже если недостаточно закручен крошечный винт, это рассматривается как дефект, и контролер ОТК обводит определенный код на картах осмотра. На каждую машину предусмотрено 6 карт, в которых отражается весь процесс сборки. Эта информация передается на электронно-вычислительную машину, расположенную в центральном пункте управления. Машина информирует руководство о любых дефектах еще до того, как автомобиль передается на следующий участок сборки.

Одновременно сигнал поступает на участок, где обнаружен дефект, следовательно, его можно исправить непосредственно в месте возникновения. Предположим, например, что станция контроля сигнализировала о дефектах сварочного шва. Значит, сварщики должны немедленно проверить сварочный аппарат, чтобы не допустить повторения дефектов.

Важное значение имеют числовые коды, присвоенные различным деталям автомашины. Благодаря им контролеры ОТК могут проверять тысячи деталей и сварочных швов быстрее и проще, чем сотни незакодированных деталей. Новая система способна обеспечить исправление дефектов 30 тысяч деталей в день при наличии в сборке одновременно 2000 автомобилей, каждый из которых имеет 6400 деталей и 4500 сварочных швов.

Интересно, что автоматы не только контролируют детали и сообщают об их непригодности, но не успокаиваются до тех пор, пока не убедятся, что дефект устранен. Система выдает сигналы на склады различных деталей (сиденья, обивка, двигателя), определяя момент их отправки на сборочный конвейер для комплектации соответствующего автомобиля. А запомнив какой-либо недостаток в сборке, электронно-вычислительная машина запрашивает станцию окончательного контроля качества о том, произведены ли нужные исправления, сообщая об этом ответственным исполнителям на сборочные линии, а также в ОТК отделения корпорации и ее центрального правления.

Вице-президент корпорации «Крейслер», он же руководитель сборки легковых и грузовых автомашин, Фрэд М. Глассфорд утверждает, что указанная система «никогда не забывает ни одного автомобиля». По его заявлению все модели «Крейслер» будут вскоре обеспечены «электронным контролем качества» и все сборочные линии корпорации будут обслуживаться такой системой.

## **За высокую надежность борются и в других странах**

Повышению надежности придается большое значение не только в США. В Англии, например, вопросами надежности изделий начали заниматься вскоре после окончания второй мировой войны. В последние годы специалисты по надежности получили признание и стали играть в производстве значительную роль. В 1962 году в стране был создан Комитет надежности. Одна из его задач — проведение симпозиумов для ознакомления руководителей промышленности с основами теории и практики надежности и контроля качества.

Национальный совет по качеству и надежности координирует деятельность различных национальных организаций. Совет объединяет 27 национальных организаций (адмиралтейство, Министерство авиации, общество радиоинженеров, общество инженеров-электроников, институт статистиков и др.). В план работ совета входят теоретические исследования и лабораторные испытания изделий с целью определения параметров, характеризующих надежность. Совет периодически организует курсы по технике надежности.

В 1964 году в Англии был проведен «Год качества и надежности», посвященный решению задачи повышения производительности труда с помощью улучшения качества продукции. По мнению его организаторов, «Год качества» дал неплохие результаты. Из 13 тысяч фирм, участвовавших в этой кампании, более 3 тысяч признали, что благодаря усилению контроля за качеством брак значительно снизился и доходы фирмы возросли.

С сентября 1966 года в Англии начался второй национальный «Год качества и надежности». Цель его — увеличить выпуск изделий оптимального качества и надежности, заинтересовать в этом каждого, работающего в промышленности. Предполагается, что достигнутое в результате этого повышение качества и надежности позволит сэкономить 150—500 миллионов фунтов стерлингов.

К повышению качества и надежности изделий стремятся и все социалистические страны. Мы остановимся на опыте Германской Демократической Республики. В 1950 году в ГДР было создано Управление по испытанию материалов и товаров, роль и полномочия которого непрерывно расширяются. В настоящее время оно является центральным государственным органом Совета Министров ГДР по испытанию материалов и товаров, выпускаемых в республике.

Управление проводит государственный контроль качества и надежности всей выпускаемой в стране продукции. Его основные задачи:

1. Установление государственных критериев оценки качества и надежности;
2. Классификация продукции по классам точности;
3. Контроль соответствия изготавливаемой продукции эталонным образцам и стандартам.

Управление испытывает около 250 тысяч изделий в год. Контролю подвергаются как различные виды машин, так и товары широкого потребления. Периодически управление проверяет заводы, оценивая уровень технологии и ее соблюдение. Практикуется выборочная проверка на всех стадиях подготовки к выпуску новой продукции (контролируются чертежи, проекты, соответствие первых образцов изделий техническим условиям и стандартам). Контролируются также образцы из первых партий изделий и серийной продукции, уже попавшей в торговую сеть.

В тех случаях, когда требования стандартов не соблюдаются, Управление имеет право запретить выпуск продукции. Одновременно оно может накладывать штраф на директоров предприятий (личный) в размере 500 марок, лишать предприятия премий и уценивать их продукцию в соответствии с установленными нормами.

Несмотря на различие проводимых в каждой стране мер по повышению качества и надежности продукции, их характерными чер-

тами для большинства государств являются в настоящее время следующие:

повышение роли стандартизации как важнейшего средства управления качеством выпускаемой продукции;

широкое применение государственной аттестации качества продукции и специальных знаков качества;

все более широкое использование родившейся у нас системы организации бездефектного изготовления продукции.

## **Стандарты и аттестация качества продукции**

За последние 10—15 лет в передовых в техническом отношении странах развитию стандартизации уделяется огромное внимание. Эта работа ведется в большинстве случаев под руководством и управлением высших правительственных органов.

В ряде стран изданы различные законы и постановления, регламентирующие дальнейшее развитие стандартизации. Она расценивается как залог повышения качества выпускаемой продукции, увеличения эффективности производства и упорядочения использования сырья, материалов и готовых изделий. Такие законы изданы в США, Японии, Франции, Австрии, Индии, Федеративной Республике Германии, Германской Демократической Республике, Польше, Венгрии и других странах. Они направлены на создание и укрепление национальных органов по стандартизации, на создание систем государственного контроля качества промышленной продукции, систем поощрения и санкций.

В Японии, Франции, ФРГ правительственными законами регламентируется деятельность частных предприятий в области стандартизации и качества продукции. Органам стандартизации в ряде стран присвоены законодательные функции. В Японии, например, правительством запрещен экспорт товаров без ведома органов стандартизации. В США без санкции Национального Бюро стандартов не может быть оформлен ни один правительственный заказ.

В последние годы выявилась принципиальная разница во взглядах на стандартизацию в США и Франции.

Американские специалисты рекомендуют вести стандартизацию по пути уменьшения разнообразия изготавливаемых и используемых изделий. Они предпочитают не вникать в технический анализ и в своей деятельности опираются, прежде всего, на статистику, выявляя наиболее часто применяемые типы, размеры и конструкции. Благодаря такой стандартизации себестоимость продукции уменьшается всего на 5%, но этот экономический эффект получается немедленно и достигается самыми простыми средствами.

Французские стандартизаторы предпочитают так называемую логическую стандартизацию и рекомендуют всесторонне изучать возможное применение каждого материала и изделия, четко формулировать требования, которым они должны отвечать, и только после этого создавать на них стандарты. При этом себестоимость продукции снижается на 10—15%.

Различный подход к стандартизации не исключает главного и общего, присущего и американским и французским стандартам — их большой роли в решении проблемы качества и надежности.

Все более широкое распространение в последние годы получает практика государственной аттестации качества продукции и присвоения лучшим изделиям государственных знаков качества. Сейчас они применяются уже в 25 странах мира. Аттестация качества применяется сейчас как в капиталистических государствах — в США, Англии, Франции, ФРГ, Японии, так и во многих государствах социалистического лагеря — в ГДР, Чехословакии, Венгрии, Польше.

Аттестация продукции, присвоение ей государственных знаков качества и последующий надзор за поддержанием высокого качества аттестованной продукции возлагаются на специальный государственный аппарат. В его работе активное участие принимают научно-исследовательские центры промышленности, испытательные лаборатории предприятий и всевозможные добровольные объединения.

Знаки качества являются гарантией высокого качества продукции. Такой продукции обеспечен устойчивый сбыт на международном и внутреннем рынках. Поэтому любая фирма заинтересована в присвоении ее продукции знака качества. Однако она несет при этом и соответствующую материальную ответственность. Так, в Японии, если фирма хочет получить знак качества, она должна внести за это 10 тысяч йен. За несоблюдение требуемого качества фирма подвергается штрафу в 100 тысяч йен.

В целях пропаганды и распространения опыта различных стран в 1957 году была создана Европейская организация по контролю качества. Сейчас в нее входит 11 стран (Франция, ФРГ, Италия, Англия, Дания, Голландия, Норвегия, Бельгия, Швейцария, Чехословакия и Польша). Активное участие в работе этой организации принимают США и Япония.

Организация проводит ежегодные конференции по вопросам качества продукции. За время деятельности организации состоялось десять конференций. На последней конференции обсуждались такие вопросы: качество и автоматизация производственных процессов; математические методы, применяемые при решении проблемы качества; математическая статистика при оценке качества и надежности.

В сентябре 1965 года в Роттердаме открылся Международный центр качества (МЦК), где постоянно будут демонстрироваться по-

следние достижения науки и техники в области контроля качества продукции. В задачи МЦК входит пропаганда высокого качества изделий и оптимальных методов его контроля, разработка научных основ проблемы качества, надежности и долговечности, комплексных мероприятий по снижению себестоимости продукции. МЦК будет систематически публиковать различные материалы по специальным вопросам, организовывать курсы, семинары и лекции для экспортов, а также передвижные тематические выставки.

## **Саратовская система шагает через океан**

Эти слова не громкая фраза. Родившаяся в нашей стране система организации бездефектного изготовления продукции в последние годы начинает все шире применяться во многих странах мира. Программы использования этой системы, составляемые каждой фирмой, применительно к своей отрасли производства носят различные названия. В США эти программы носят, как правило, название «ZD» (Zero defects — нулевые дефекты), в ФРГ — «AOF» (Alles ohne fehler — все без ошибок), но, несмотря на все частные различия программ разных фирм, все они имеют в своей основе общие исходные положения, целиком и полностью заимствованные из нашей системы организации бездефектного изготовления продукции, т. е. из саратовской системы.

Особенно большое значение программам «ZD» придается в США. Об этом свидетельствуют многочисленные высказывания как представителей различных промышленных фирм, так и руководящих деятелей Пентагона и правительства.

Представитель фирмы «Мартин «Орlando» пишет в журнале *Industrial Quality control* (июнь 1966 г.): «Программа «ZD» является наиболее экономичной, продуктивной и действенной из всех программ по улучшению качества продукции, применяемых в экономике в последнее десятилетие».

Генерал-майор Джон Цирдт, командующий корпусом ракетных войск Армии США, считает, что с помощью программы нулевых дефектов США «должны развить все возможности для того, чтобы укрепить и удержать наше ведущее положение в мире».

И даже президент США Линдон Джонсон высказал свое отношение к программе нулевых дефектов. Так, в своем письме к командующему базой «Ред Ривер» в штате Техас он отмечает: «Программа нулевых дефектов оказывает нам своевременную поддержку в стремлении исключить лишние расходы, связанные с программами правительства».

В печати приводятся разные данные о распространении программ «ZD» в промышленности США. По одним данным свыше ты-

сячи фирм, насчитывающих два миллиона рабочих и служащих, перешли на работу по этим программам. По другим — около двух тысяч фирм, в которых работает более пяти миллионов человек. Наконец, по третьим данным, уже более 2500 заводов приняли в 1966 году программы бездефектного изготовления продукции.

Несмотря на некоторую противоречивость данных, они неопровержимо свидетельствуют о том, что система бездефектного изготовления продукции получила в США широкое распространение.

Чем объясняется столь большое внимание к этой системе? Одной из серьезных причин недостаточной надежности многих сложных технических систем и устройств, в том числе и ракетной техники, является, по мнению американских специалистов, большое количество производственных дефектов. В печати сообщалось, например, что в кабине космонавта Гордона Купера было обнаружено 720 изъянов, 526 из которых были дефектами производства. Представители военно-воздушных сил США утверждают, что 90% провалов при запуске межконтинентальных баллистических ракет происходило из-за дефектов в отдельных деталях.

Сокращению производственных дефектов, а затем и их полному исключению, по мнению американцев, в наибольшей степени способствует применение программ нулевых дефектов. В основе этих программ, как и нашей системы бездефектного изготовления продукции, лежит признание того, что каждый исполнитель может выполнять свою работу без дефектов. Возражая противникам этих программ, утверждающим что работать без дефектов невозможно, что в любом труде человека какое-то количество дефектов допустимо, автор статьи «Программа «нулевых дефектов» в промышленности» (журнал *Qualitats controllem* № 6, за 1966 год) остроумно замечает: «Человек, считающий, что допустимый предел дефектов или ошибок в его работе может составлять, например, 5%, едва ли признает, что такое количество ошибок допустимо в частной жизни. С уверенностью можно сказать, что не может получиться так, что в течение 5 дней из 100 он будет приходить не на свое рабочее место, или, если он идет домой, входить не в ту дверь. Наверняка, он не сядет в 5% случаев не в свой автобус и не наденет одновременно черный и коричневый ботинок. Также несомненно, что он будет предъявлять более высокие требования и к покупаемым товарам и не захочет, чтобы его ошибки при этом составляли 5%. Возникает вопрос: неужели в нашей жизни должно иметь место разное отношение к производственной работе и к частной жизни. Собственно говоря, нет никаких причин, препятствующих тому, чтобы производственной работе уделялось такое же внимание, что и частной жизни».



Для того, чтобы добиться внимательного, добросовестного отношения всех исполнителей к работе, исключаяющего возможность каких-либо дефектов, нужно, прежде всего, повысить ответственность каждого исполнителя за качество своего труда. Это требование, являющееся краеугольным камнем нашей системы бездефектного изготовления продукции, лежит в основе всех программ нулевых дефектов, разрабатываемых и применяемых в США. Такая мысль настойчиво подчеркивается буквально во всех статьях и выступлениях, посвященных программам «ZD».

«Их значение,— говорит Дж. Т. Вилли (Electronic News, февраль 1965 г.),— состоит в том, что ответственность за выполнение возлагается непосредственно на определенное лицо. Не на контролера, не на инспектора, не на тех, кто охраняет финансовые интересы руководства. Каждый человек становится своим собственным строжайшим судьей».

Под исполнителем понимается не только рабочий у станка. Американцы считают, что требование бездефектного труда относится ко всему персоналу каждой фирмы — от уборщика до директора. Мало того, они считают, что универсальность программ нулевых дефектов состоит в том, что они применимы не только к любому виду труда, но и для любой отрасли промышленности и даже для любой организации, учреждения, ведомства. «Почти универсальную приспособляемость программы бездефектности,— пишет Митчелл Шарп в журнале Industrial Quality control (июнь 1966 г.),— можно проиллюстрировать следующими примерами. Подобные программы разрабатываются для страховых компаний, молочной промышленности, муниципалитетов, заводов пластмасс, текстильных фабрик, телефонных компаний и даже для окружного налогового управления в Лос-Анжелосе».

Какие же практические результаты, какой экономический эффект дает применение системы бездефектного изготовления продукции в США? На этот счет в печати приводится много убедительных цифр. Укажем хотя бы на некоторые из них. По приблизительным подсчетам, экономия, полученная предприятием фирмы «Гиденс энд контрол систем дивижен» (г. Литтон) в результате сокращения работ по исправлению дефектов, составила около одного миллиона долларов. Выполнение программы выпуска бездефектных изделий позволило снизить цены на продукцию и ее себестоимость.

В течение первого года действия программы нулевых дефектов на предприятии фирмы «Мартин» (г. Орландо) количество дефектных изделий, производимых в цехах, уменьшилось на 54%. В следующем году количество дефектов уменьшилось еще на 25%, а в течение третьего года — еще на 7%. Экономия от снижения выпуска дефектной продукции составила сто тысяч долларов в месяц.

Мы не имеем возможности подробно рассказывать об опыте применения системы бездефектного изготовления продукции в ФРГ, Франции и других странах. Скажем только, что и там эта система, родившаяся у нас на берегах Волги, с каждым годом находит все более широкое распространение.

## **Проблема еще не решена**

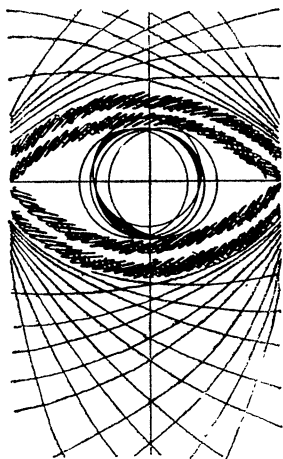
Крупнейший американский специалист в области надежности Райерсон в одной из своих статей расчленяет историю развития работ по теории надежности в США на четыре этапа: 1930—1940 годы — выработка стандартов; 1940—1950 годы — разработка статистических методов текущего и приемочного контроля качества продукции; 1950—1960 годы — постановка задач и систематическое изучение вопросов надежности элементов; с 1960 года наметилась тенденция изучения надежности систем на всех стадиях их создания, от проектирования до эксплуатации.

Можно соглашаться или не соглашаться с этой периодизацией, но одно бесспорно: проблема надежности рассматривается в США и многих других государствах как важнейшая государственная проблема. И следует признать, что в результате проведенных за последние годы мероприятий там добились значительного повышения надежности выпускаемых изделий. Некоторые из этих мероприятий, с учетом особенностей социалистического хозяйства, с успехом могут быть использованы и у нас в борьбе за повышение надежности и долговечности нашей техники.

Однако было бы неправильным утверждать, что проблема надежности даже в области военной техники в США окончательно решена. Факты говорят о другом. Хорошо известно, например, какое значение командование НАТО и военные круги США придают строительству подводных лодок, оснащенных ракетами «Поларис». Однако при запуске в марте 1963 года усовершенствованной модели ракеты «Поларис-А3», она, по сообщению ТАСС, сбилась с курса и была уничтожена в воздухе. Это была шестая неудача из восьми попыток запустить ракету «Поларис-А3». Известна гибель подводной лодки «Трешер». В 1967 году газеты принесли известие о трагической гибели американских космонавтов при испытании нового космического корабля «Аполлон» из-за каких-то неполадок в системе его оборудования.

За рубежом отчетливо понимают, что по мере дальнейшего развития и усложнения техники, по мере ускорения технического прогресса значение проблемы надежности будет все больше и больше возрастать. Вот почему она не снимается там с повестки дня и ей уделяется все более серьезное и глубокое внимание.





## Беседа 19



### **НАДЕЖНОСТЬ— ДЕЛО ВСЕХ И КАЖДОГО**

#### **Что посеешь, то и пожнешь**

В наш век ни одна машина, ни одно промышленное изделие не делается одним человеком. Развитие техники — это дело многочисленных научных и производственных коллективов, общественное дело. Подобно этому и проблема повышения качества, проблема надежности становится делом коллективным, общественным.

От конструктора к технологу и к рабочему-сборщику, от металлурга к машиностроителю, от химика к ткачу и обувщику тянется цепочка, в которой нет ни одного лишнего звена. И если кто-то на своем, пусть на первый взгляд второстепенном, участке допустит брак — дело многих сотен людей может пойти насмарку.

Мы много говорили о телевизорах. Вернемся к ним еще раз. По конструкции и количеству используемых деталей телевизор не идет ни в какое сравнение даже с самой простой электронной вычислительной машиной. Однако и в нем свыше 500 отдельных узлов и деталей. Но все ли они изготавливаются непосредственно на заводе, выпускающем телевизоры? Отнюдь нет. Например, в «Рубине» из 574 узлов и деталей завод изготавливает лишь 265, то есть меньше половины. Остальные 309 узлов и деталей (телевизионные трубки, радиолампы, сопротивления, конденсаторы, катушки индуктивности и т. д.) завод получает от 34 других предприятий. Следовательно, и от них зависит надежность телевизора.

Но этим дело не ограничивается. Возьмем какое-либо из комплектующих изделий, скажем телевизионную трубку (кинескоп), в значительной степени определяющую долговечность работы телевизора. Завод, изготавливающий кинескопы, получает материалы и детали почти со ста других предприятий, представляющих буквально все отрасли промышленности. Заводы черной металлургии поставляют ему необходимую для кинескопов стальную ленту, стальной керн, заводы цветной металлургии — медную и константановую проволоку, латунную и никелевую ленту, заводы химической промышленности — различные химикаты, инертные газы, кислоты, щелочи и т. д.

Качество продукции всех этих заводов сказывается на надежности кинескопов, а это влияет на общую надежность работы телевизоров.

Для изготовления любого из материалов, используемых в кинескопах, требуются, в свою очередь, материалы от многих других заводов. Только в производстве стекла для баллонов кинескопов на Львовском заводе используются сырье и материалы, поступающие от 12 предприятий, расположенных в 11 областях страны. Эту цепочку можно было бы продолжить.

С развитием и усложнением техники производственная кооперация становится все более развитой, в изготовлении каждого сложного технического устройства и изделия принимают участие десятки, а иногда и сотни заводов. Значит, устранить все причины отказов и перебоев в работе любого технического изделия можно только совместными усилиями многих коллективов.

Каждый рабочий, техник, инженер, служащий должен отчетливо понимать, что в условиях современного производства он отвечает не только за качество продукции, непосредственно выпускаемой его заводом, но в той или иной мере и за качество продукции многих других предприятий, использующих продукцию его завода.

Справедливо критикуя недостаточную надежность и долговечность купленного телевизора, холодильника, часов и т. д., пусть каждый из нас подумает: «А нет ли в этом доли и моей вины?». И нередко придется признать, что есть.

Рабочий одного из химических комбинатов купил телевизор, о котором давно мечтала его семья. Однако уже через несколько дней телевизор потребовал ремонта. Нужно ли говорить, как велико было огорчение семьи, сколько нелестных слов было сказано в адрес телевизионного завода!

Но в чем же заключалась причина быстрого выхода телевизора из строя? Оказалось, что баллон кинескопа пропускал воздух. Это явилось результатом неудовлетворительного качества стекла. А почему стекло было плохое? Из-за низкого качества химикатов, поставляемых тем самым химическим комбинатом, на котором работал

сам «пострадавший» владелец телевизора. И ему можно было бы сказать словами персонажа одной из миниатюр Аркадия Райкина: «Не нравится? Пиши сам на себя жалобу!»

Или другой пример. Работник металлургического завода купил часы. Вскоре они перестали ходить. В мастерской гарантийного ремонта выяснилось, что часовая пружина оказалась низкого качества. А пружины эти поставляет часовому заводу один из сталепрокатных заводов, и плохие они потому, что металлургический комбинат, на котором работает незадачливый покупатель, поставляет сталь низкого качества.

Каждый должен помнить, что его недобросовестное отношение к труду может принести огромный вред другим советским людям, всему обществу.

Что особенного может произойти, если купленные вами спички окажутся недоброкачественными и не будут загораться? Коробок спичек стоит всего копейку. Вы пойдете в магазин, купите другой коробок, и этим дело ограничится. Ну, а если коробок негодных спичек окажется в руках геолога, находящегося в глухой тайге, за сотни километров от человеческого жилья? Дорого может обойтись ему «труд» бракодела.

Стоит ли поднимать шум из-за низкого качества какой-то радиолампы или такой маленькой детали, как конденсатор или сопротивление? Ну, выйдет из-за этого из строя ваш радиоприемник, вам придется лишний раз обратиться в мастерскую, и все. Но представьте себе, что из-за низкого качества какой-нибудь радиолампы, сопротивления или конденсатора откажет радиостанция зимовщиков, находящихся во льдах Арктики. Не задумываясь о последствиях своего недобросовестного отношения к труду, бракодел может стать виновником трагических событий.

Проблема надежности — это проблема, касающаяся нас всех и каждого в отдельности. Хорошо об этом сказал М. И. Калинин: «...каждый из нас ругается, когда получает в руки какую-нибудь недоброкачественную вещь. Однако сами мы при этом совершенно не задумываемся, какую же продукцию получают от нас другие люди. Словом, каждый из нас хочет, чтобы всего было вдоволь и хорошего качества. А я спрашиваю вас: откуда это взять, если каждый на своем месте не будет добиваться лучших показателей труда? Надо, наконец, усвоить старую истину: что посеешь, то и пожнешь» (М. И. Калинин. Воспитание и обучение. Учпедгиз, 1957, стр. 82).

## **Не перекладывать вину на других**

Могут найтись люди, которые скажут: «Раз надежность любых изделий, в том числе и выпускаемых нашим заводом, зависит не только от нашего, но и от многих других предприятий, а влиять на

их работу мы не в состоянии, значит мы не можем нести полной ответственности за качество своей продукции».

Нет нужды доказывать, насколько неправильно и вредно подобное утверждение. Но, к сожалению, находятся еще руководители предприятий, которые рассуждают именно так и пытаются переложить на других свои собственные грехи.

В свое время резкой критике подвергались телевизоры «Неман», выпускавшиеся Минским радиозаводом. Они были ненадежны и недолговечны в работе. Как же отнеслись руководители завода к этой справедливой критике?

Вместо того, чтобы выявить и устранить причины, влияющие на снижение качества и надежности выпускаемых телевизоров и зависящие от своего завода, руководители Минского радиозавода поспешили переложить всю вину на предприятия-смежники, в частности на Львовский электроламповый завод, поставляющий кинескопы. Но опыт эксплуатации телевизоров «Неман» показывает, что 25—30% всех отказов телевизоров происходит по вине самого Минского радиозавода. Такие же цифры характерны и для телевизоров других типов. И разве «чужой дядя» должен отвечать за небрежную сборку и регулировку телевизоров, глухую пайку, ненадежные контакты, плохо закрепленные детали?

Конечно, доля вины падает и на Львовский завод, изготавливающий кинескопы. Но если бы минчане вместо того, чтобы сваливать всю вину на других, прежде всего разобрались бы в своем хозяйстве, то их претензии к поставщикам выглядели бы иначе.

На Львовском заводе тоже было много недостатков. Производство кинескопов, как и других электровакуумных изделий, требует очень высокой чистоты, не терпит даже самой незначительной загрязненности воздуха. А на заводе, на самом ответственном участке, где изготавливались кинескопы, полы подметали веником, пылесосом не пользовались. Однако коллектив завода, получив тревожные сигналы, не стал «искать стрелочника», а, засучив рукава, взялся за дело. Была улучшена так называемая вакуумная гигиена, внедрены новшества, позволившие механизировать и автоматизировать изготовление и сборку узлов и деталей. Модернизирована электронно-оптическая система кинескопа, что позволило повысить его долговечность. Строже стал выходной контроль. И попутно, наводя порядок у себя дома, львовяне обратились к своим поставщикам с призывом повысить качество и надежность материалов и комплектующих изделий.

Этот призыв не остался без ответа. Белоцерковский завод «Электроконденсатор» усилил выходной контроль и улучшил качество своей продукции. Из Белой Церкви уже не приходит во Львов бракованная керамика. Орджоникидзевский завод

«Электроцинк» поднял качество поставляемого им вольфрама.

Дружная, совместная борьба Львовского завода и его поставщиков дала хорошие результаты. Гарантийный срок службы кинескопов типа 43-ЛК-2Б, применяемых в телевизорах десяти марок, удвоился. Это позволило, в свою очередь, повысить с шести месяцев до года гарантийный срок службы телевизора «Верховина» и некоторых других.

В свое время Владимир Ильич Ленин писал: «Мы будем работать, чтобы вытравить проклятое правило: «каждый за себя, один бог за всех...» Мы будем работать, чтобы внедрить в сознание, в привычку, в повседневный обиход масс правило: «все за одного и один за всех». (Ленин. Соч., т. 41, стр. 108). Эти слова вождя становятся законом, нормой поведения советских людей. Они имеют прямое отношение к борьбе за высокое качество выпускаемых изделий, за успешное решение проблемы надежности.

## **О материальных стимулах**

Для того, чтобы каждый рабочий, мастер, инженер активно боролись за качество продукции, нужна их материальная заинтересованность в повышении надежности. Между тем до недавнего времени система планирования и оценки деятельности как предприятия в целом, так и каждого работника не стимулировала повышения качества и надежности изделий. Изделия, изготовленные тщательно, на совесть, и сделанные кое-как, оплачивались по одинаковым расценкам, поштучно.

Не удивительно, что многие рабочие стремились прежде всего увеличить количество изготавливаемой продукции, не обращая особого внимания на ее качество. Очень ярко рассказал об этом в «Правде» Герой Социалистического Труда начальник строительства Бухтарминской ГЭС М. Инюшин в заметке под характерным заголовком «Материальная заинтересованность и рабочая совесть».

На строительстве ГЭС работала бригада Василия Максимовича Шмина. Она вела укладку метлахской плитки. Плитку присылали неважную, но пол огромного зала ГЭС получался красивым, так как бригада всегда старалась исправить получаемый материал и отсортировать его перед укладкой. И так бригада относилась к любому поручению. Как можно оценить работу этой бригады? Ясно, что она трудилась по законам рабочей совести, проявляла коммунистическое отношение к труду.

Однако с точки зрения официальной отчетности бригада Шмина считалась «средненькой». Выполнение норм — около ста процентов, заработка небольшие. Почему? Потому, что на строительстве ГЭС царил пресловутый «вал», работа оценивалась только по коли-

честву. Никакой разницы в оплате за работу высокого и низкого качества не было, лишь бы не было явного брака. В результате некоторые менее сознательные рабочие уходили из этой бригады туда, где заработки выше.

А ведь такие условия оплаты труда действовали не только на строительномонтажных работах, но и на любом предприятии.

После сентябрьского Пленума ЦК КПСС 1965 года и XXIII съезда КПСС обстановка коренным образом изменилась. Решения Пленума и съезда предусматривают мероприятия, направленные на широкое материальное стимулирование повышения качества продукции. Оценка деятельности предприятий не по валу, а по количеству реализованной продукции заставляет больше внимания уделять качеству выпускаемых изделий. Намечаемое введение государственных знаков качества, установление более высоких оптовых цен на изделия высшего качества создают прямую экономическую заинтересованность предприятий в повышении качества и надежности выпускаемой продукции. Наконец, расширение прав директоров предприятий, выделение в их распоряжение больших средств для премирования рабочих и инженерно-технического состава — все это создает более благоприятные условия в борьбе за повышение надежности и долговечности выпускаемых изделий, обеспечивает материальную заинтересованность коллектива каждого предприятия в успешном решении этой задачи.

## **Моральные стимулы в борьбе за надежность**

Материальная заинтересованность — очень важный рычаг в борьбе за высокое качество продукции, но было бы неправильно все сводить только к ней. Не меньшее значение имеет и моральная сторона проблемы.

Выпуск недоброкачественной продукции всегда претил честному рабочему. Выступая в 1940 году на собрании партийного актива Москвы с докладом о коммунистическом воспитании, М. И. Калинин рассказывал, что много лет назад, еще в подполье, возникла дискуссия: обязан или не обязан рабочий-революционер хорошо делать вещь, то есть заботиться о качестве своей продукции.

«...— Даже в дореволюционный период, во времена капитализма,— говорил М. И. Калинин,— часть рабочих, борющихся с капиталистами, смотрела на дело так, что нельзя делать вещи плохо,— это им претило, они как бы совестились. А у нас, в социалистическом обществе, когда мы работаем не на капиталистов, а на самих себя,— всем ли претит, все ли совестятся делать плохие вещи?» (М. И. Калинин. Воспитание и обучение. Учпедгиз, 1957, стр. 53).

Борьба за высокое качество продукции является, как мы видим,



не только вопросом техники, но и вопросом морали. Поэтому нужно обеспечить не только материальное, но и всемерное моральное стимулирование труда каждого, кто работает с душой, на совесть, чья продукция всегда бывает только отличного качества. «Правильное сочетание материальных и моральных стимулов к труду,— указывается в Программе КПСС,— великая созидательная сила в борьбе за коммунизм».

Всегда ли мы уделяем должное внимание моральному поощрению людей, изготовляющих продукцию отличного качества, считающих это делом своей чести, своей рабочей совести? К сожалению, далеко нет. Стоит просмотреть стенные газеты предприятий, перелистать страницы заводских многотиражек, прослушать передачи заводского радио, и мы легко убедимся в этом. И в газетах, и в радиопередачах мы узнаем имена многих передовых людей производства. Но за что, как правило, хвалят этих людей? За отличные количественные показатели труда, за перевыполнение планов по количеству изготавливаемой ими продукции. И очень редко встретим мы на страницах заводских газет, услышим на собраниях имена людей, качеством продукции которых может гордиться предприятие, увидеть их портреты на Доске почета. А ведь это очень важно, чтобы каждый чувствовал, что его хорошую, добросовестную работу ценят, уважают, что его ставят в пример другим, на опыте его работы воспитывают молодежь.

Борьба за повышение качества и надежности выпускаемых изделий неразрывно связана с коммунистическим воспитанием советских людей. Наряду с заводскими общественными организациями большую роль в этом призваны играть наша партийная печать, литература и искусство.

Однако во многих произведениях труд человека, его смысл, значение оцениваются также только по количественным результатам.

Очень убедительно об этих недостатках нашей печати и о ее задачах говорил виднейший деятель нашей партии и правительства, в течение многих лет руководивший народным хозяйством страны, В. В. Куйбышев. «Уделяет ли наша печать, которая теперь стала огромным рычагом в развитии промышленности и народного хозяйства в целом, достаточно места и внимания борьбе за качество продукции? Я думаю, что нет. Сводки, которые помещаются в печати, говорят только о количестве. Хвалят тех, кто произвел много, и ругают тех, кто произвел мало. Но хвалят ли того, кто производит продукцию хорошего качества? Такой похвалы нет... Наша печать должна стать одним из рычагов для того, чтобы сдвинуть с мертвой точки дело борьбы за высокое качество продукции».

«Совесть — шлагбаум для брака» — под таким девизом работают сейчас не только отдельные рабочие, но и коллективы пред-

приятый. Писатель П. Вершигора назвал книгу о героизме партизан «Люди с чистой совестью». Мы вправе ожидать от наших литераторов произведений о людях с высокой рабочей совестью.

В связи с этим хотелось бы вспомнить роман Галины Николаевой «Битва в пути». Нас сейчас интересует лишь одна сторона романа — отношение к труду.

Директор завода Вальган стремился во что бы то ни стало «жать программу». И программу выполняли любой ценой. У директора была репутация опытного и умелого хозяйственника, завод был на хорошем счету. А тракторы на полях быстро выходили из строя.

Новый главный инженер Бахирев быстро убедился, что успехи и благополучие завода были мнимыми. Он обнаружил грубые отклонения от технологии. Один из героев романа инженер Рославлев, возмущаясь бракоделами, говорил: должна же у них быть еще и совесть! Так «нечестность людей,— писала Галина Николаева,— превращалась в нечестность вещей».

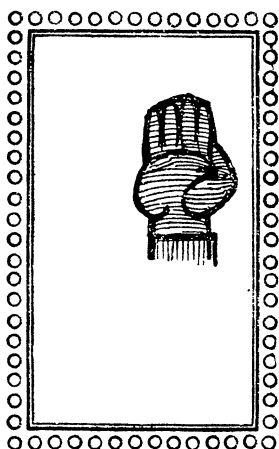
Правда восторжествовала — Вальган был снят с работы, но разве не осталось Вальганов, с которыми нужно еще бороться всеми средствами, в том числе и литературы, и публицистики.

Наряду с показом лучших людей, которые трудятся по законам рабочей совести, наша печать, радио, кино, телевидение должны подвергать самой суровой, беспощадной критике бракоделов. На страницах печати ведется острая, принципиальная борьба с расхитителями социалистической собственности, тунеядцами, лодырями, хулиганами. А бракоделов, к сожалению, гораздо реже попадают под огонь критики, им еще живетесь довольно спокойно. Но разве они не наносят огромного ущерба нашему социалистическому обществу? В поход против бракоделов должны выступить писатели, журналисты, работники радио, кино, телевидения. Ведь надежность — проблема всех и каждого.

В последнее время борьбе с бракоделами большое внимание начал уделять сатирический киножурнал «Фитиль». Его кадры остроумны, доходчивы и бьют в цель. Но эту тему могли бы использовать в своих киносборниках и наши студии кинохроники и научно-популярных фильмов. Ведь ежедневно более десяти миллионов человек смотрят кинофильмы. Еще большую аудиторию собирает телевидение.

Борьба за высокое качество продукции — один из важнейших участков строительства коммунизма. Наша печать, кино, радио, телевидение не могут оставаться в стороне от этого дела.





## Беседа 20

### СЛОВО БЕРЕТ ОБЩЕСТВЕННОСТЬ

#### Качество—дело партийное

Пятидесятилетний опыт социалистического строительства в нашей стране убедительно показывает, что успех решения любой, самой сложной задачи зависит прежде всего от активности партийных, комсомольских, профсоюзных организаций, от их умения поднять и организовать массы. Сейчас одной из центральных наших задач является повышение качества, надежности и долговечности выпускаемых нашей промышленностью изделий, и в решении этой задачи активно участвует общественность каждой фабрики, каждого завода или стройки.

Забота о дальнейшем повышении материального благосостояния советских людей красной нитью проходит в Директивах XXIII съезда КПСС по пятилетнему плану развития народного хозяйства. А повышать благосостояние людей — это значит и улучшать качество промышленных изделий.

Качество характеризует не только само изделие, но и человека, его создавшего, его отношение к своему труду. В свое время М. И. Калинин справедливо говорил: «...борьба за коммунизм — это борьба за высшую производительность труда как в смысле количества, так и качества продукции. Вот вам основное положение коммунистического воспитания трудящихся СССР» (М. И. Калинин. Воспитание и обучение. Учпедгиз, 1957, стр. 84).

Успех системы, рожденной в Саратове, во многом объясняется тем, что в ее основе лежит повседневная, систематическая воспитательная работа, проводимая партийными организациями.

Сейчас вопросы повышения качества, надежности и долговечности промышленных изделий находятся в центре внимания многих партийных организаций. Им были посвящены в последнее время пленумы Московского, Ленинградского, Горьковского комитетов партии, они все чаще выносятся на обсуждение райкомов, общих партийных собраний промышленных предприятий, конструкторских бюро, научно-исследовательских институтов. На этих собраниях намечаются практические мероприятия в борьбе за высокое качество, подытоживается опыт.

Конечно, партийные организации не могут и не должны подменять хозяйственное руководство. Они ищут и находят свой путь, свои формы работы, мобилизуют на борьбу за качество широкие массы трудящихся, уделяют этому вопросу большое внимание при проведении партийной агитации и пропаганды.

Как известно, партия придает большое значение пропаганде экономических знаний. А качество, надежность, долговечность — это одна из важнейших проблем нашей экономики. И не случайно в программы семинаров и школ конкретной экономики включаются занятия, посвященные повышению качества и надежности продукции. Некоторые руководители семинаров поручают каждому слушателю продумать и доложить на очередном занятии свои соображения о том, что можно сделать на его участке для улучшения качества выпускаемой предприятием продукции. Это заставляет участников семинара — инженерно-технических работников, новаторов производства — глубже изучать проблемы качества, а иногда и способствует разработке конкретных предложений по его улучшению.

Большую роль в мобилизации широких масс на борьбу за повышение качества и надежности выпускаемых изделий могут сыграть заводские агитаторы. Используя местный материал, агитаторы должны показать на конкретном примере работы своего участка, цеха, завода, какое значение для всей страны имеет повышение качества выпускаемой продукции. Но нужно уметь подать эти цифры и факты ярко, убедительно, доходчиво, так, чтобы они задели людей за живое.

Вспоминается эпизод из романа Бориса Полевого «Глубокий тыл». Шла Великая Отечественная война. На восстановленной после отступления немцев ткацкой фабрике «Большевичка» работницы прилагали все силы, чтобы дать больше тканей для фронта.

В канун майских праздников молодой секретарь парткома ткачиха Анна Калинина предложила выразить обязательства не в процентах, как обычно, а наглядно.

Над входными дверями фабрики был вывешен лозунг: «Изготовим сверх плана ткани на белье десяти тысячам воинов!». Полевой пишет: «Теперь, когда каждая ткачиха, принимая предпраздничное обязательство, знала, сколько она должна одеть советских воинов и сколько одевает каждый день, фабрика как-то сразу оживилась. Повысился интерес к результатам работы... Выработка фабрики круто полезла вверх».

Такие убедительные цифры и факты нужно и можно находить и в пропаганде проблемы качества и надежности промышленных изделий. Ведь одно дело поставить перед рабочими шинных заводов задачу увеличить ходимость выпускаемых шин на 20%, другое дело показать, что это равносильно дополнительному выпуску 4 миллионов шин в год. Одно дело просто призвать обувщиков повысить прочность выпускаемой обуви, другое дело рассказать им, что повышение долговечности обуви всего на один процент равносильно, при современном объеме ее производства, дополнительному выпуску около 5 миллионов пар обуви.

Но заводские партийные организации призваны не только разъяснять огромное значение проблемы качества и надежности изделий, не только мобилизовать широкие массы на борьбу за систематическое повышение качества выпускаемой продукции, но и организовать их участие в решении этой задачи. И здесь могут успешно использоваться самые различные формы работы: смотры качества и надежности выпускаемой продукции, уровня технологии, организация конкурсов на лучшее изобретательское и рационализаторское предложение по повышению качества.

Все более активное участие в борьбе за высокое качество выпускаемых изделий принимают комсомольские организации. Так, Ждановский райком комсомола Москвы посвятил один из своих пленумов единственному вопросу: «Качество и борьба за культуру». Проведенное перед пленумом обследование показало, что около 60% брака по району — это результат грязи и захламленности рабочих мест.

Участники пленума горячо выступали, говорили, например, о таких случаях. Вот в трамвай входит ремесленник, сам от горшка два вершка, но ему уже хочется казаться взрослым. Чем же он пытается подражать взрослому рабочему?.. Грязной, замасленной спецовкой. Даже на лице у него подтеки машинного масла. На заводе такой парень, не задумываясь, бросает куда попало окурки, кусок бумажки, грязную ветошь — это он также считает признаком самостоятельности и рабочей независимости. А ведь чистота на производстве — одно из важнейших условий высокого качества выпускаемых изделий. Уже здесь непочатый край работы для комсомола. И на многих предприятиях именно по инициативе комсомольских орга-

низаций в сравнительно короткие сроки изменился облик цехов: озеленена заводская территория, наведены порядок и чистота. Так было на рижском ВЭФе, на казанском заводе «Теплоконтроль», на одесском заводе «Автогенмаш».

Могучее средство в борьбе за повышение качества продукции — социалистическое соревнование. И здесь в полной мере могут проявить свою организующую роль заводские профсоюзные организации. Они должны добиваться того, чтобы в социалистические обязательства включались конкретные пункты по повышению качества и надежности продукции, а выполнение их постоянно контролировалось.

В чем основной недостаток многих соцобязательств? В их неконкретности, невозможности проверить выполнение: попробуй-ка проверь такие пункты, которые начинаются словами «усилить», «укрепить», «повысить», «снизить». Применяемая сейчас на многих предприятиях система бездефектного изготовления продукции создает новые, наиболее благоприятные условия для развертывания соревнования, ибо появляется такой простой количественный показатель качества труда каждого исполнителя как процент продукции, сданной им с первого предъявления. Теперь можно конкретно определить, насколько повысился или снизился этот показатель.

В арсенале профсоюзных организаций есть и другие методы борьбы за качество. На многих заводах создаются специальные заводские и цеховые общественные советы или комиссии по контролю за качеством выпускаемой продукции. Так, на Андижанском машиностроительном заводе в комиссию поступил тревожный сигнал из сборочного цеха: в топливных насосах двигателей обнаруживается течь. Насосы возвращались на доработку, но брак не прекращался. Члены комиссии начали искать его причины. Оказалось, что брак возникает в цехе № 13 из-за нарушения технологической дисциплины. По инициативе комиссии в цехе было проведено производственное совещание. В результате рабочие и мастера стали с большей ответственностью относиться к работе, бороться за честь заводской марки. Был организован строгий пооперационный контроль, налажены стендовые испытания деталей. Все это помогло ликвидировать брак.

А вот как борется за качество продукции профсоюзная организация тираспольской швейной фабрики «40 лет ВЛКСМ».

Однажды утром работницы увидели в проходной изображение крокодила с вилами. И подпись: «Мой старший брат находится в бригаде Шевчук». В обеденный перерыв многие работницы устремились в бригаду Шевчук. У конвейера, на котором работала бригада, они увидели массивное, в человеческий рост, чучело крокодила. И под ним подпись: «Не уйду из бригады до тех пор, пока не наладит-

ся качество продукции». И «крокодил» действительно покинул бригаду только тогда, когда работа ее улучшилась и качество продукции стало безупречным.

Заводским «крокодилом» распоряжалась специальная рейдовая бригада, созданная фабричным комитетом профсоюза. Она определяет самое узкое место, и тогда маленький «крокодил» в проходной извещает весь коллектив фабрики, где находится его старший брат.

Мы отнюдь не ставим себе в этой беседе задачу рассмотреть все формы участия заводских партийных, комсомольских и профсоюзных организаций в решении проблемы качества и надежности. Мы хотим лишь еще раз подчеркнуть, что успешное решение этой важнейшей проблемы будет в решающей степени зависеть от активного, непосредственного участия в ней всех общественных организаций каждого предприятия, каждого конструкторского бюро и научно-исследовательского института.

## **Вуз на общественных началах**

Трудно переоценить огромную роль, которую играет в борьбе за улучшение качества, за повышение надежности и долговечности выпускаемых изделий наша научно-техническая общественность. Ведь в отраслевых научно-технических обществах, Всесоюзном обществе изобретателей и рационализаторов и Всесоюзном обществе «Знание» насчитывается свыше 4,5 миллиона ученых, специалистов и новаторов. В распоряжении этих обществ кабинеты техники и технической пропаганды, появившиеся в последние годы кабинеты стандартизации и надежности, музеи, лектории, выставки, большие материальные средства.

Какие же задачи стоят перед нашей научно-технической общественностью в этой области? Одна из главных — активное участие в работе по подготовке и переподготовке кадров, помощь им в освоении теории и практики надежности. Это особенно важно, так как до последнего времени в программах вузов этим вопросам не уделялось должного внимания.

Сейчас в программы многих высших, средних технических и профессионально-технических учебных заведений включаются специальные разделы или курсы по вопросам надежности и долговечности промышленности изделий. Значительно расширены программы математической подготовки молодых специалистов. Однако в научно-исследовательских и опытно-конструкторских организациях, на заводах, фабриках и стройках работают сотни тысяч специалистов, которые в свое время не получили теоретических знаний и практических навыков, необходимых для обеспечения надежности изделий,

не знакомы с современными статистическими методами анализа и контроля качества продукции.

Опыт работы научно-технических обществ и других общественных организаций Москвы, Ленинграда, Киева, Горького, Харькова, Тбилиси, Риги, Новосибирска показывает, как эффективна может быть их помощь в подготовке и переподготовке кадров.

В этих городах работают постоянно действующие семинары-консультации, на которых читаются лекции и доклады по теоретическим и практическим вопросам надежности. Для участия в семинарах научно-технические общества широко привлекают на добровольных началах профессоров и преподавателей вузов, ведущих ученых и инженерно-технических работников научно-исследовательских организаций и промышленных предприятий.

С 1959 года группа ученых — преподавателей Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, возглавляемая академиком Украинской ССР Б. В. Гнеденко, проводит постоянно действующий семинар по статистическим методам анализа и контроля за качеством продукции. Каждую нечетную среду месяца занятия семинара-консультации проводятся в Центральной лектории Всесоюзного общества «Знание».

Нередко на эти «надежные» среды собирается по 1 000 человек и более. И хотя формально семинар-консультация организован для инженерно-технических работников Москвы, но, как правило, на каждое занятие семинара приезжают сотни представителей из различных городов Московской области, Ленинграда, Киева, Владимира, Рязани, Тулы и других промышленных центров.

Тематика консультаций и фамилии консультантов заранее опубликовываются в специальных листовках, которые рассылаются по предприятиям и первичным организациям научно-технических обществ Москвы, объявляются по Московской городской радиовещательной сети и помещаются на специальных стендах около Политехнического музея. Газета «Московская правда» систематически оповещает своих читателей о тематике семинара и консультаций. По телефону К 4-78-62 всегда можно получить необходимую справку о тематике занятий и консультаций. Этот телефон теперь хорошо знают не только москвичи.

За последние годы количество распространенных абонементов возросло с 1926 до 2500, а среднее число посещающих занятия — с 420 до 730 человек. Владельцы абонементов — организации и предприятия, и в зависимости от тематики занятий меняется и контингент слушателей семинара.

Большой популярностью пользуются лекции, издаваемые для участников семинара.

Всей научно-методической деятельностью и лекционно-изда-



тельской работой руководит бюро семинара совместно с Научно-техническим советом Комитета стандартов, мер и измерительных приборов при Совете Министров СССР. В состав бюро входят: академик АН УССР Б. В. Гнеденко, член-корреспондент АН СССР Н. С. Сотсков, доктора технических наук Л. Н. Решетов, Я. Б. Шор, профессор Л. Я. Шухгальтер.

## **Общественный кабинет стандартизации и надежности (ОКН)**

Вряд ли сейчас в Москве среди работников промышленности есть такие, которые бы не знали об общественном кабинете стандартизации и надежности. Что же представляет собой этот кабинет, чем он занимается, почему завоевал популярность не только в Москве, но и далеко за ее пределами?

Внешне кабинет не представляет ничего особенного. Это небольшой уютный зал. В центре его несколько стендов, на которых развешаны схемы, диаграммы, плакаты, на столиках размещены образцы различных изделий. Вдоль стен рабочие места для консультаций, хорошо и продуманно оборудованные.

Расположен кабинет в Политехническом музее. И это не случайно. Здесь так же, как и в других отделах музея, демонстрируются различные образцы изделий из новых прогрессивных материалов. Однако работа общественного кабинета надежности существенно отличается от работы остальных отделов музея.

Основная цель большинства отделов музея — продемонстрировать посетителям образцы того или иного вида техники. Главное в работе общественного кабинета надежности — это демонстрация новых технических идей и решений, с которыми посетителей в большинстве случаев знакомят авторы. В кабинете постоянно дежурят консультанты, авторитетные специалисты по всем видам техники. Посетители могут обратиться к ним с любым вопросом, связанным с проблемой надежности, и получают исчерпывающий, квалифицированный ответ. Консультантам можно задавать даже такие вопросы, ответы на которые придется долго искать, причем в поисках этих может потребоваться участие ученых и специалистов различных отраслей науки и техники.

Наряду с консультациями, которые дежурные консультанты дают любому обратившемуся к ним посетителю кабинета, регулярно проводятся консультации по заранее намеченному и объявленному плану. Тематика таких консультаций разрабатывается на основании анализа вопросов, которые задают на лекциях, семинарах, и запросов, поступающих в кабинет от работников промышленных предприятий и научно-исследовательских организаций.

С мая 1965 года при помощи руководства Комитета стандартов в кабинете организованы консультации по вопросам стандартизации, упорядочения технической документации, метрологии, аттестации качества и многим другим актуальным вопросам.

Общее количество проводимых кабинетом консультаций из года в год растет. Только в 1965/66 учебном году по заранее объявленному плану было проведено 504 консультации, а общее количество консультирующихся составило 5100 человек.

Часто организаторов кабинета спрашивают, а где вы берете деньги для оплаты лекторов и консультантов? Нигде. Вся эта работа ведется на общественных началах. Исключение составляют только тематические циклы лекций, читаемые одним и тем же лектором.

В начале 1965 года при кабинете стандартизации и надежности была организована справочная библиотека-читальня (большинство книг и справочных материалов библиотеке подарены активом кабинета). При библиотеке создается библиографическая картотека-указатель, в которой уже сейчас свыше 15 000 карточек. Такая картотека поможет значительно сократить время на поиски необходимой информации и тем самым повысить эффективность труда интересующихся проблемой надежности.

Библиотека кабинета получает с 1966 года 59 отечественных научно-технических журналов, брошюры издательства «Знание», центральные газеты и научно-популярные издания.

Начиная с 1963 года кабинет стандартизации и надежности стал центром распространения саратовской системы, новочеркасской системы непрерывного оперативно-производственного планирования, московской системы организации работ по повышению качества продукции и горьковской системы Канарспи. С октября 1965 года в консультационную работу кабинета активно включились ученые и специалисты еще трех общественных кабинетов ВСНТО (коррозии, полимеров и сушки). Это позволило значительно расширить тематику консультаций.

Кабинет стандартизации и надежности поддерживает тесную связь более чем с тридцатью предприятиями, в том числе с Горьковским автозаводом, заводами «Манометр», Московским заводом электровакуумных приборов, «Динамо» им. Кирова. Такая же тесная связь давно установлена с некоторыми саратовскими, минскими, рижскими и другими промышленными предприятиями.

Так постепенно кабинет превратился в своеобразный клуб ревнителей качества и надежности, в общественный штаб, куда ежедневно приезжают, обращаются письменно или телеграфно, звонят по телефону не только рядовые работники, но и руководители предприятий, конструкторских, проектных и научно-исследовательских организаций.

## Опыт подхвачен

В 1963 году в московский кабинет надежности и на организуемые им семинары часто приезжали представители рязанских промышленных предприятий и вузов. Несколько раз бывали в Рязани, выступали с докладами на предприятиях, по радио и на областной конференции ученые столицы. Рязанцы решили организовать у себя кабинет пропаганды и внедрения саратовской системы бездефектного изготовления продукции и других передовых методов повышения качества. Он был открыт при областном Доме политического просвещения в начале 1964 года. За короткое время рязанский общественный кабинет развил активную деятельность, в результате чего система бездефектного изготовления продукции внедрена на многих промышленных предприятиях области.

В 1964 году кабинет надежности был создан при Доме техники Горьковского автомобильного завода.

Сейчас число общественных кабинетов стандартизации и надежности в городах и промышленных центрах СССР исчисляется десятками. Такие кабинеты работают в Ленинграде, Харькове, Могилеве, Минске, Перми, Горьком, Омске, Витебске и других городах. В Ленинграде, помимо большого кабинета-выставки, который функционирует при Доме научно-технической пропаганды общества «Знание» на Невском проспекте, есть кабинеты надежности при районных Домах культуры. Центральный кабинет занимает почти весь третий этаж большого дома. Здесь сосредоточены различные учебно-методические экспозиции по проблеме надежности, показывается опыт служб надежности предприятий и организаций, организована выставка литературы по надежности и долговечности, по математическим методам контроля и оценки качества. В консультационном пункте ежедневно дежурят общественные консультанты.

Ленинградский кабинет обменивается с московским всеми своими методическими материалами. В кабинете собраны и широко используются все лекции, изданные научно-технической общественностью столицы.

Интересную инициативу проявила научно-техническая общественность Витебска, Могилева, Минска, Горького и некоторых других городов. С помощью местных организаций Всесоюзного общества «Знание» и государственных контрольно-проверочных станций Комитета стандартов в этих городах созданы в 1965—1966 годах общественные консультационные пункты по стандартизации промышленной продукции.

## **В работу включились заводские организации НТО**

Большую и полезную работу, способствующую повышению надежности и долговечности выпускаемых изделий, проводят многие заводские организации научно-технических обществ. В этой работе они находят новые интересные формы борьбы за повышение качества продукции.

На Горьковском автозаводе для устранения недостатков, выявляемых в процессе разработки и изготовления автомашин, по инициативе научно-технической общественности стали создаваться комплексные бригады. Эти бригады формируются из специалистов и высококвалифицированных рабочих, представляющих различные производственные участки. Члены комплексных бригад не освобождаются от выполнения своих основных обязанностей и все стоящие перед бригадами задачи решают в свободное время.

Каждая бригада работает по специальному плану-графику, где отражаются все основные мероприятия, необходимые для решения поставленной задачи. План-график составляется при участии представителей Совета НТО и утверждается главным инженером завода.

Жизнь подтвердила высокую эффективность деятельности комплексных бригад, и эта форма работы получила распространение и на других предприятиях.

Совет НТО Горьковского автозавода организовал общезаводскую комиссию по повышению надежности и долговечности выпускаемых автомобилей, в состав которой вошли ведущие инженерно-технические работники и активисты НТО. Комиссии поручено разрабатывать мероприятия по повышению надежности и срока службы автомобилей, проводить анализ работы узлов в условиях эксплуатации. Комиссия дает рекомендации при отработке конструкций и технологии изготовления узлов, при выборе конструктивных и смазочных материалов и методов термообработки и поверхностного упрочнения деталей.

Большую работу проводят на заводе и цеховые комитеты НТО. Они разъясняют рабочим и инженерно-техническим работникам значение проблемы надежности и долговечности изделий, привлекают их к участию в решении этой проблемы. Многие члены НТО внесли в свои личные планы конкретные мероприятия по повышению надежности и срока службы разрабатываемых и выпускаемых автомобильных узлов.

Члены НТО завода «Теплоконтроль» (Татарская АССР) добились в свое время повышения срока службы подшипников маховика стотонного пресса в 12 раз. Раньше нужно было через каждые три месяца выключать пресс, снимать восьмисоткилограммовый маховик и заменять подшипник скольжения. По рекомендации активистов

НТО он был заменен роликовым подшипником, способным работать безотказно три года. Первичная организация НТО добилась осуществления и многих других мероприятий, позволивших повысить в 3—4 раза срок службы станков и их деталей.

## **Помощь рационализаторов и изобретателей**

Огромные, неисчерпаемые резервы повышения качества, эксплуатационной надежности и долговечности выпускаемых изделий помогают вскрывать и наши изобретатели и рационализаторы.

Раньше в изготовлении часовых пружин на Первом московском часовом заводе имени Кирова значительную долю составлял ручной труд. Слесарь-механик опытного цеха М. П. Наседкин разработал шесть автоматов для изготовления часовых пружин разной конфигурации. Благодаря им производительность труда возросла в 10 раз, а качество пружин значительно повысилось.

Привлекая заводских рационализаторов и изобретателей к борьбе за повышение надежности и долговечности изделий, нужно помнить, что чем конкретнее будут поставлены перед ними задачи, тем эффективнее будут результаты их труда.

В каждой машине есть такие части, которые вследствие конструктивных и технологических особенностей изнашиваются быстрее других. Изучив существующие конструкции дизелей, инженеры и рабочие завода «Русский дизель» выявили быстро изнашивающиеся узлы и детали и пришли к правильному выводу, что в упрочнении этих деталей, в улучшении их конструкции и технологии и кроется тот самый резерв, использование которого позволит повысить надежность выпускаемых заводом дизелей. Мысль заводских рационализаторов и изобретателей получила конкретное направление.



## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Наши беседы закончены. Что же еще хотелось бы сказать читателям этой книги?

Мы хорошо понимаем, что как бы внимательно вы ни прочитали эти беседы, жизнь может выдвинуть новые вопросы, ответ на которые вам придется искать уже самостоятельно. И это естественно, ибо слишком сложен и многообразен комплекс вопросов, из которых складывается проблема повышения качества и особенно эксплуатационной надежности и долговечности промышленных изделий.

Но главное не в сложности этой проблемы. Главное заключается в том, что секрет ее успешного решения в каждом из нас, в том, насколько честно, с душой относимся мы к своему труду.

Мы стремились, чтобы каждый, кто прочтет нашу книгу, понял и прочувствовал, что брак никогда не возникает стихийно, что он всегда является результатом каких-то упущений, небрежности, порой недобросовестности, допущенных при проектировании, производстве или эксплуатации изделий.

На примерах, взятых из жизни, из практики работы предприятий, мы пытались показать, какой огромный ущерб нашему социалистическому государству приносит выпуск недоброкачественной продукции, убедить читателя в том, что, допуская брак в работе, мы вольно или невольно обкрадываем и государство, и самих себя.

В борьбе с браком, в борьбе за повышение надежности и долговечности выпускаемых изделий не может быть равнодушных. Нельзя сваливать вину на других. Каждый должен прежде всего сам лучше работать. Именно так и поступают сейчас коллективы многих предприятий, настойчиво и упорно борющихся за честь своей заводской марки под лозунгом «Советское — значит отличное».

Мы не сомневаемся, что многие из заводов, на недостатки работы которых мы указывали в своих беседах, к моменту выхода этой книги в свет покончат с браком, с выпуском ненадежных в эксплуатации изделий. И мы будем искренне рады, если приведенные нами примеры устареют, если отмеченных недостатков уже не будет.

В устранении всего, что мешает успешной борьбе за высокое качество продукции, в неуклонном повышении надежности и долговечности всех выпускаемых нашей промышленностью изделий — огромный, неисчерпаемый резерв развития нашей экономики, успешного строительства материально-технической базы коммунизма. Это вновь, с особой силой подчеркнуто в решениях XXIII съезда КПСС.

\* \* \*

В подготовке этой книги большую помощь авторам оказал академик Аксель Иванович Берг, давший ряд весьма ценных советов и рекомендаций. Авторы считают своей приятной обязанностью выразить Акселю Ивановичу самую искреннюю благодарность и признательность.

Одиннадцатая беседа — «На повестке дня НОТ» по просьбе авторов написана Г. М. Коноваловым.



## СО Д Е Р Ж А Н И Е

Предисловие академика А. И. Берга . . . . .	3
Беседа первая	
<b>Качество и надежность</b> . . . . .	5
Беседа вторая	
<b>Надежность и технический прогресс</b> . . . . .	12
Беседа третья	
<b>Надежность и экономика</b> . . . . .	24
Беседа четвертая	
<b>Проблема надежности в нашем быту</b> . . . . .	32
Беседа пятая	
<b>Познакомимся с основными понятиями теории надежности</b>	35
Беседа шестая	
<b>Инженерная сущность проблемы</b> . . . . .	50
Беседа седьмая	
<b>Фундамент закладывает конструктор</b> . . . . .	57
Беседа восьмая	
<b>Эстафету принимают производственники</b> . . . . .	83
Беседа девятая	
<b>Статистический контроль — наиболее прогрессивный</b> . . . . .	98
Беседа десятая	
<b>Культура производства и эстетика труда</b> . . . . .	106
Беседа одиннадцатая	
<b>На повестке дня — НОТ</b> . . . . .	121
Беседа двенадцатая	
<b>Надежность системы человек — автомат</b> . . . . .	133
Беседа тринадцатая	
<b>От рекомендаций к практическому опыту</b> . . . . .	144
Беседа четырнадцатая	
<b>Машина сделана — эстафета продолжается</b> . . . . .	163
Беседа пятнадцатая	
<b>Зачем нужна информация о надежности</b> . . . . .	180



<b>Беседа шестнадцатая</b>	
<b>Стандарты и качество . . . . .</b>	<b>192</b>
<b>Беседа семнадцатая</b>	
<b>Несколько уроков природы . . . . .</b>	<b>204</b>
<b>Беседа восемнадцатая</b>	
<b>Проблема надежности за рубежом . . . . .</b>	<b>212</b>
<b>Беседа девятнадцатая</b>	
<b>Надежность — дело всех и каждого . . . . .</b>	<b>234</b>
<b>Беседа двадцатая</b>	
<b>Слово берет общественность . . . . .</b>	<b>242</b>
<b>Заключение . . . . .</b>	<b>253</b>

Художник К. П. Пчельников

**Яков Михайлович Сорин, Андрей Васильевич Лебедев**

**БЕСЕДЫ О НАДЕЖНОСТИ**

Редактор Е. А. Ильинская

Худож. редактор Т. И. Добровольнова

Техн. редактор Е. М. Лопухова

Корректор И. И. Поршнева

А 02720. Сдано в набор 3/VII 1967 г. Подписано к печати 12/1 1968 г.  
 Формат бумаги 84×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага типографская № 1. Бум. л. 4,0.  
 Печ. л. 8,0. Условн. печ. л. 13,44. Уч.-изд. л. 15,72.  
 Тираж 34000 экз. Издательство «Знание». Москва, Центр. Новая пл.,  
 д. 3/4. Заказ 507. Типография изд. ва «Знание», Москва, Центр,  
 Новая пл., д. 3/4.  
 Цена 68 коп.

Отпечатано с готовых матриц в 1-й тип. Профиздата,  
 Москва, Крутицкий вал, 18. Зак. 94.

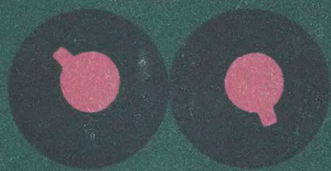


II I2 I3 I4 I5 I6 I7 I8 I9 20 21 · I 2 3 4 5 6 7 8 9 10 II I2 I3 I4 I5 I6 I7 I8 I9 20 21 · I



68 коп.

2021-12345678910111213



ЗНАНИЕ