

**МОСКОВСКИЙ  
ИНЖЕНЕРНО-  
ФИЗИЧЕСКИЙ  
ИНСТИТУТ**

**Р. А. НОСКИН**

кандидат технических наук

**ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ  
КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ  
ПРОИЗВОДСТВА**

**ТРЕБОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ  
ТРУДА К КОНСТРУИРОВАНИЮ МАШИН**

**МОСКВА — 1962**

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР  
МОСКОВСКИЙ ИНЖЕНЕРНО-ФИЗИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

---

Р. А. НОСКИН  
Кандидат технических наук

# ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ КОНСТРУКТОРСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

## ТРЕБОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА К КОНСТРУИРОВАНИЮ МАШИН

*Утверждено в качестве учебного пособия  
кафедрой политической экономики*

БИБЛИОТЕЧНЫЙ  
ФОНД  
ИИЭУ ИИФЭ

---

Программа Коммунистической партии Советского Союза поставила важнейшую общенародную задачу — максимально ускорить научно-технический прогресс в народном хозяйстве СССР за счет сокращения сроков проектирования и освоения новой техники, применение которой дает наибольшие результаты при наименьших затратах и обеспечивает тем самым высокую эффективность капитальных затрат. Без этого не может быть решена главная экономическая задача — создание материально-технической базы коммунизма.

### МЕТОДЫ СКОРОСТНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

Для того чтобы мы могли перегнать передовые в технико-экономическом отношении страны и вооружить человека самой совершенной и могущественной техникой, необходимо широко ориентироваться на *проектирование оригинальных конструкций* машин, приборов, установок, искать и находить новые, более простые и эффективные принципы их работы. Этот вид конструирования часто связан с изобретательской деятельностью, с большим объемом исследовательской и экспериментальной работы, а потому зачастую удлиняет сроки освоения новых изделий. Это не соответствует поставленной партией задаче — в короткие сроки осваивать новую технику. Такое противоречие может быть преодолено путем применения специальных методов скоростного конструирования, обеспечивающих вместе с тем высокое качество конструкции. Практика отечественного и зарубежного машиностроения выработала такие методы. Все они основаны на одном из важнейших принципов организации производства — на унификации, в данном случае — на унификации конструктивных элементов машин, приборов или установок.

Современное направление в конструировании машин исходит из возможности максимального сокращения числа индивидуализированных конструктивных решений. Это прежде всего достигается созданием *конструктивно нормализованных*

(параметрических, размерных) рядов (гаммы) машин, приборов или установок на основе базовой конструкции. Если потребителю нуждается в ряде моделей машин, приборов или установок одного и того же типа, то целесообразнее не проектировать каждую модель самостоятельно, а создать одну базовую конструкцию, которую впоследствии подвергают видоизменениям (модификациям) в соответствии с разнообразными нуждами потребителей.

Вместо целиком индивидуализированных моделей создаются лишь модификации с отдельными индивидуализированными узлами.

Для легкости перехода ко всем модификациям базовая конструкция ряда должна включать в себя наибольшее количество общих для них деталей и узлов.

Примером конструктивно нормализованного ряда является пущенная недавно в производство *единая серия асинхронных электродвигателей*. Вместо 9 различных конструкций выпущавшихся ранее двигателей создана одна базовая конструкция. Она имеет электрические модификации (с повышенным пусковым моментом, с повышенным скольжением, с контактными кольцами и др.), монтажные модификации (со станиной на лапах, с фланцем и др.) и размерные (мощностные) модификации (от 0,6 до 100 квт).

Помимо сокращения объема и повышения качества конструкторских работ, уменьшается также объем технологической и материальной подготовки производства, а главное — повышается тип производства отдельных деталей и узлов машин конструктивного ряда. Большое количество одинаковых деталей позволяет переходить к крупносерийному и массовому их производству со всеми вытекающими из этого преимуществами. Так, переход к выпуску электродвигателей единой серии обеспечил снижение трудоемкости их изготовления в среднем на 45%. Съём продукции с 1 м<sup>2</sup> увеличился на 85%.

В 1960 г. у нас выпускалось 126 тыс. типо-размеров машин, приборов и установок. Анализ показывает полную возможность значительного сокращения числа типо-размеров. Например, по редукторам вместо 101 типо-размера достаточно иметь 29, по цепям их количество может быть сокращено в 5 раз и т. д.

При установлении основных параметров всех модификаций машин конструктивного ряда следует пользоваться рядами чисел, указанными в ГОСТ 8032—56 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел».

Количество модификаций в каждом конструктивно нормализованном ряду должно быть выбрано с учетом народнохозяйственных интересов, правильного сочетания требований потребителей и изготовителей. Потребителям во многих случаях желателен более развернутый ряд машин. Экономич-

ным же в изготовлении будет, наоборот, сокращенный ряд. Оптимальным с народнохозяйственной точки зрения является такой ряд машин, при котором сумма общественно необходимых затрат труда как на изготовление, так и на эксплуатацию машин будет минимальной.

Проектирование конструктивно нормализованных рядов машин находит в последнее время все более широкое применение у нас и за рубежом. Например, американская фирма «ИБМ» выпускает ряд электронных вычислительных машин «700», в который входят модификации 701, 702, 705 и др. Английская фирма «Эллиот» выпускает ряд электронных вычислительных машин «400» с модификациями 401, 402, 404, 405 и др.

Второй метод скоростного конструирования заключается в широком использовании в новых конструкциях машин деталей и узлов, заимствованных из выпускаемых изделий. Такая *конструктивная преемственность* при переходе к новым конструкциям позволяет сократить количество оригинальных деталей и узлов в новом изделии и соответственно объем конструкторских и технологических работ, упрощает освоение нового изделия как производителями, так и потребителями, повышает тип производства. Использование при этом не любых деталей и узлов, а только оправдавших себя в эксплуатационных условиях, всесторонне проверенных, позволяет повысить качество новой конструкции. Конструктивная преемственность, конечно, не должна быть осуществлена за счет снижения эксплуатационных показателей машины. Вместе с тем она настолько не умаляет оригинальности конструкции, если использован действительно оригинальный, новый принцип работы машины или отдельных ее частей.

Третий метод скоростного конструирования машин развивает предыдущий: *широко используются стандартные и нормализованные детали и узлы*. Включение детали или узла в ГОСТ или отраслевую (заводскую) нормаль предопределяет высокое их качество, что, несомненно, благоприятно отразится на конструкции изделия. Стандартные или нормализованные детали и узлы в большинстве случаев могут быть закуплены на специализированных предприятиях. Это упрощает и удешевляет не только освоение изделия на заводах-производителях, но и эксплуатацию их.

Четвертый метод скоростного конструирования машин — *агрегатирование* — предусматривает компоновку их из стандартных, нормализованных или типовых агрегатов (блоков). Так создаются агрегатные металлорежущие станки, электронные вычислительные машины и конструкции многих других изделий.

Агрегатирование представляет собой наивысшую форму применения принципа унификации при конструировании изделий. Оно позволяет повторно использовать отдельные агрегаты (блоки) по мере отпадения надобности в наличных агрегатных машинах. Их разбирают, а из отдельных агрегатов komponуют новые машины. Например, при переходе к выпуску нового изделия отдельные агрегатные станки могут быть перекомпонованы для обработки других деталей.

Однако нельзя допускать консерватизма при заимствовании деталей из старых конструкций, при перекомпоновке агрегатов. Необходимо во всех этих случаях пользоваться лишь такими деталями, узлами и агрегатами, которые вполне отвечают современным требованиям и не снижают качества новых конструкций.

Все эти методы необходимо разумно сочетать при конструировании различных машин, приборов и установок и тем самым свести к минимуму использование оригинальных деталей в новых изделиях. С этой целью необходимо ввести нормализационный контроль всех выпускаемых чертежей работниками бюро стандартизации и нормализации. Они должны проверить, использовал ли конструктор все возможности для максимального применения унифицированных элементов конструкции (начиная от резьб, диаметров, допусков и т. д. и кончая агрегатами).

Ускорение конструкторской подготовки производства при повышении качества проектируемой конструкции достигается, кроме того, за счет ряда мероприятий по организации труда конструкторов.

К числу их относятся:

специализация конструкторов не только на отдельных видах изделий, но и на отдельных агрегатах (блоках) и узлах; заблаговременная подготовка для конструкторов всей необходимой технической информации;

широкое использование трафаретных чертежей;

хорошая организация рабочих мест конструкторов с применением чертежных машин, машинок для зачинки карандашей, электрорезинок и др.;

выполнение многих проектных и расчетных работ на вычислительных машинах; так, при конструировании электронных вычислительных или управляющих машин универсальная цифровая машина может быть использована для сравнительного анализа возможных численных методов решения типовых задач, для получения статистических оценок параметров, характеризующих объем вычислений, памяти, временные задержки, для моделирования нескольких вариантов и выбора наиболее эффективной структуры будущей машины, для минимизации логических функций и переключательных схем и получения схем узлов с наименьшим числом элементов,

для статистической оценки надежности и выбора оптимальных режимов элементов, для оптимального решения монтажных связей и составления монтажных таблиц, оценки тепловыделений и зон перегрева и, наконец, для разработки оптимальных программных тестов для проверки правильности функционирования и диагностики неисправных частей аппаратуры проектируемой машины. Аналогичные приемы автоматизации конструкторских работ могут быть распространены в значительной мере на область промышленной автоматики, системы регулирования, телеуправления и др.);

выполнение отдельных этапов работы не последовательно, а параллельно-последовательно со сдвигом каждого последующего этапа по отношению к предыдущему на 1—2 недели; широкий фронт работы по каждому этапу конструирования (привлечение максимально возможного количества исполнителей);

отказ от калькирования чертежей и размножение их фотоспособом, на множительных аппаратах или используя для оригиналов чертежей непосредственно пергамент или специальную кальку для карандаша.

## СТАДИИ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Исходным для конструирования нового изделия является *техническое задание*. В нем необходимо не только указать назначение и область применения будущего изделия, но и проанализировать причины невозможности или нецелесообразности применения имеющихся изделий аналогичного назначения. Такой обзор лучших из выпускаемых образцов должен доказать действительную необходимость в проектировании новой конструкции и определить конструктивные особенности данного объекта.

Далее, в техническом задании должны быть даны показатели, характеризующие будущее изделие как с эксплуатационной, так и с производственной стороны.

*Эксплуатационные показатели* изделия могут быть разделены на три группы:

1. Продуктивные показатели (производительность, мощность, скорость, быстродействие, точность, надежность, долговечность, продолжительность пуска в эксплуатацию, плавность регулирования, уровень автоматизации и др.).

2. Расходные показатели (расход энергии, горючего (и качество его), различных материалов, количество обслуживающего персонала, затраты на приобретение (удельные затраты), эксплуатационные расходы (на единицу продукции или времени) и др.

### 3. Эффективные показатели (к. п. д. и др.).

*Производственные показатели* изделия включают степень его унификации и конструктивной преемственности, облегчение веса и ограничение применения отдельных (особенно дефицитных) материалов, соответствие конструкции массовости ее изготовления и др.

Чем полнее будут сформулированы требования, предъявляемые к проектируемому изделию, тем с меньшим количеством переделок удастся разработать новую конструкцию, а следовательно, и быстрее.

Техническое задание составляется заказчиком или конструктором. Оно разрабатывается также научно-исследовательской организацией на заключительном этапе выполнения научно-исследовательской темы. Тем самым осуществляется связь и преемственность конструкторско-экспериментальной и научно-исследовательской работы. Теоретические разработки, макетирование и исследование непосредственно переходят в заключительную стадию практической разработки конструкции.

При разработке технического задания, а затем и при конструировании новых машин конструктор должен поддерживать тесную связь с потребителями его продукции. Он обязан ориентироваться не только на принятые в отраслях-потребителях производственные процессы, но и учитывать тенденции дальнейшего совершенствования их, перспективы развития отрасли-потребителя.

Проектант должен заглядывать далеко вперед, с тем, чтобы создавать прогрессивные конструкции, которые могут быть пущены в производство на несколько лет.

Проектирование оригинальных сложных машин, особенно массового производства, начинается с разработки *эскизного проекта*.

На основе технического задания составляются предварительные принципиальные схемы, эскизы общих видов и важнейших узлов, пояснительная записка с расчетами, в том числе и предварительным экономическим обоснованием конструкции. Эскизный проект может и по возможности должен включать несколько вариантов решения с последующим выбором одного из них.

При конструировании несложного изделия или модификации и модернизации существующей конструкции можно обойтись без эскизного проекта. В этом случае предварительные принципиальные схемы разрабатываются при составлении технического задания. Это часто имеет место при выполнении технического задания в НИИ.

На основании технического задания и эскизного проекта составляется *технический проект*, включающий уточненные схемы, все необходимые конструктивные и экономические

расчеты, чертежи изделия в целом, узлов и некоторых важнейших деталей (в первую очередь тех, которые имеют длительный цикл подготовки и изготовления, особенно в порядке кооперации). На этой стадии проектирования производится выбор материалов. При этом часто конструктор исходит лишь из конструктивных требований к ним (прочности, электро- и магнитопроводности, сечения захвата нейтронов, жаростойкости и др.), пренебрегая технологическими и экономическими требованиями. Это приводит к тому, что выбранный материал плохо заполняет литейные формы, плохо поддается обработке резанием, сварке и т. д. Экономические требования, если и учитываются, то зачастую слишком примитивно, исходя лишь из стоимости материала. Следует же исходить из общих затрат на материал и его обработку, т. е. из себестоимости готовой детали из данного материала, с учетом удельного веса его, сложности и трудоемкости обработки, необходимых для этого оборудования и оснастки.

На базе утвержденного технического проекта разрабатывают *рабочий проект*, включающий чертежи на все оригинальные детали изделия, технические условия на материалы, детали, узлы и изделия в целом, методы их испытаний, структурные схемы изделия (схемы сборки), спецификации, техническую документацию для эксплуатационников (монтажные чертежи, схемы электропроводки и смазки, паспорт, инструкцию по уходу и эксплуатации).

Количество стадий проектирования нового изделия зависит от степени сложности и новизны его, а также от массовости изготовления. Уменьшение числа стадий и параллельно-последовательное планирование сроков их исполнения позволяют также ускорить конструкторскую подготовку производства.

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА ПО НОВЫМ КОНСТРУКЦИЯМ ИЗДЕЛИЯ

Новые конструкции изделий, особенно оригинальные, сложные и предназначенные к выпуску в больших количествах, не должны передаваться в производство без их предварительной проверки на опытном образце (помимо экспериментальной работы на макете в процессе выполнения научно-исследовательской темы).

В зависимости от размеров конструктивной преемственности экспериментальный образец может представлять собой всю машину в целом или только ее часть.

Экспериментальная проверка конструкции изделия производится для того, чтобы:

- испытать конструктивное качество изделия, т. е. его соответствие требованиям технического задания;
- выявить и устранить все ошибки в чертежах изделия;

— воспитывать кадры конструкторов на их собственных ошибках.

Испытание конструктивных качеств изделия может быть произведено как в лабораторных, так и в эксплуатационных условиях.

Опытный образец целесообразно изготавливать в отдельном экспериментальном цехе, подчиненном непосредственно отделу главного конструктора. Образец здесь изготавливают на универсальном оборудовании, силами квалифицированных рабочих, без разработки подробной технологии на все детали, по возможности при самой минимальной оснащенности специальными инструментами и приспособлениями.

В своей работе экспериментальный цех должен в максимальной степени кооперироваться с основными и вспомогательными цехами завода, однако не должен своими заказами нарушать установившийся в них ход работ. Должна быть организована также кооперация со специализированными предприятиями данного или других близлежащих экономических районов.

Вся работа по изготовлению и испытанию опытного образца должна производиться под руководством и при непосредственном участии ведущего конструктора. Он обязан добиться устранения всех дефектов в машине, прежде чем передавать ее в производство.

Однако не всегда конструкторы полностью выполняют это требование, вследствие чего машиностроительные предприятия нередко ставят на производство конструктивно недоработанные машины, не соответствующие условиям эксплуатации.

С окончанием конструкторско-экспериментальной работы не заканчивается деятельность конструктора — он обязан принять самое активное участие и в ее внедрении в производство и последующем совершенствовании.

### ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ КОНСТРУКЦИИ

Создавая конструкцию нового изделия, конструктор должен думать не только о том, как она будет работать, но и о том, как ее изготавливать.

Каждая конструкция должна быть возможно проще (с меньшим количеством передаточных звеньев), легче в освоении, возможно менее трудоемка в изготовлении и ниже по себестоимости.

Удовлетворение этих требований в значительной степени достигается использованием в новых конструкциях проверенных элементов прежних конструкций, наибольшим применением стандартных и нормализованных деталей, узлов и агрегатов, а также обеспечением технологичности конструкции.

Под *технологичностью конструкции* понимается возможность наиболее простого, экономичного ее изготовления при заданном масштабе производства.

Таким образом, проектируемое изделие должно удовлетворять двум требованиям:

1) конструктивности — наилучшим образом обеспечивать выполнение основных функций;

2) технологичности — обеспечивать изготовление в заданных количествах с наименьшими затратами труда, материалов и прочих средств.

Технологичными должны быть не только отдельные детали, но и конструкции в целом.

Степень технологичности конструкции изделия характеризуется четырьмя показателями:

1) количеством и одинаковостью деталей, входящих в изделие;

2) сложностью изготовления деталей;

3) сложностью сборки изделия;

4) расходом материалов.

Каждая лишняя деталь в изделии требует дополнительных затрат труда, материалов, дополнительной нагрузки оборудования, дополнительной оснастки, крепежа при сборке и т. д. (не говоря о том, что каждая лишняя деталь — часто и источник снижения надежности работы изделия). Особенно недопустимо излишнее количество деталей, не являющихся основными схемными.

Для анализа технологичности конструкции в этой части, для сопоставления между собой различных вариантов конструкции следует воспользоваться показателем (коэффициентом) экономичности компоновки изделия

$$K_{\text{эк. комп. изд.}} = \frac{H_{\text{доп}} + H_{\text{всп.}} + H_{\text{креп.}}}{H_{\text{осн.}}}$$

где

$H_{\text{осн.}}$  — количество основных схемных деталей в изделии;

$H_{\text{доп.}}$  — количество дополнительных схемных деталей (шкалы, циферблаты, стрелки, рукоятки настройки и т. д.) в изделии;

$H_{\text{всп.}}$  — количество вспомогательных деталей, без которых схема может работать, но не в обычных эксплуатационных условиях (корпуса, крышки, стойки, шасси и т. д.);

$H_{\text{креп.}}$  — количество крепежных деталей в изделии.

Однако важно не только уменьшить общее количество деталей, но и добиться их одинаковости (повторяемости) в изделии. Эти детали требуются в больших количествах, повышается массовость их изготовления и, следовательно, тип произ-

водства. Здесь можно воспользоваться показателем (коэффициентом) повторяемости деталей (узлов, блоков) в изделии.

$$K_{\text{повт. дет.}} = \frac{N_{\text{дет.}}}{N_{\text{наим. дет.}}}; \quad K_{\text{повт. узл.}} = \frac{N_{\text{узл.}}}{N_{\text{наим. узл.}}},$$

где  $N_{\text{дет. (узл.)}}$  — общее количество деталей (узлов) в изделии;

$N_{\text{наим. дет. (узл.)}}$  — количество наименований (типо-размеров) деталей (узлов) в изделии.

Еще большее значение приобретает одинаковость деталей (узлов) в различных изделиях, что имеет место при конструктивной преемственности, при использовании стандартных и нормализованных элементов конструкции. В этом отношении степень технологичности конструкции может быть охарактеризована коэффициентом унификации

$$K_{\text{униф.}} = \frac{N_{\text{станд.}} + N_{\text{норм.}} + N_{\text{заимств.}}}{N_{\text{дет.}}},$$

где  $N_{\text{станд.}}$  — количество стандартных деталей в изделии;

$N_{\text{норм.}}$  — количество нормализованных деталей в изделии;

$N_{\text{заимств.}}$  — количество деталей, заимствованных из других конструкций.

Но количество и одинаковость деталей в изделии еще не решают вопроса технологичности конструкции. Важна еще простота и дешевизна изготовления каждой детали. Для этого необходимо предусмотреть: наиболее простые формы деталей (в зависимости от технологии их изготовления), легко обрабатываемые материалы, экономически целесообразные допуски и чистоту отделки поверхности, возможность использования имеющихся инструментов, приспособлений, оборудования и мощностей предприятия.

Технологичность каждой детали следует рассматривать комплексно, т. е. с учетом всех фаз производства. Деталь, технологичная в заготовительной фазе, может оказаться нетехнологичной в сборочной фазе.

Все эти вопросы наилучшим образом смогут быть решены при совместной работе на этой стадии конструкторов с ведущими технологами.

Недопустимо, чтобы из-за упрощения деталей повышались затраты на сборочные работы. Необходимо обеспечить наиболее простые способы соединения деталей и дешевые методы достижения заданной точности (за счет абсолютной или частичной взаимозаменяемости, подбора деталей, компенсаторов и т. д.).

Оценка технологичности на стадии сборки изделия производится также подробности изделия на сборочные узлы, по

простоте их сборки. Чем меньше деталей входит в каждый узел, тем проще его сборка. Это до некоторой степени может характеризовать коэффициент расчленения изделия на сборочные узлы:

$$K_{\text{расчл.}} = \frac{N_{\text{дет.}}}{N_{\text{узл.}}}$$

При расчленении изделия на параллельные, независимые в сборке функционально законченные узлы необходимо также обеспечить и простоту межузловых связей. Расчлененности изделия на простейшие сборочные узлы в настоящее время придается особое значение в связи с необходимостью комплексной автоматизации производственных процессов. Практика показывает, что наиболее сложно автоматизировать процесс сборки изделий, а вместе с тем конструкторы еще недостаточно внимания уделяют разработке конструкций, наиболее подготовленных для автоматической сборки. В связи с этим находят все более широкое распространение модульный метод сборки электронных приборов, печатные схемы.

Одной из важных задач конструирования машин является снижение веса конструкций при улучшении их качества. Вес изделий в конечном счете предопределяет общее количество возможных к выпуску в стране машин, приборов, установок. Вместе с тем облегчение конструкции приводит, как правило, к снижению трудоемкости ее изготовления и себестоимости, к снижению эксплуатационных расходов (особенно по транспортным машинам), к сокращению капитальных затрат на здания, перекрытия, фундаменты, опоры и т. д.

Могут быть рекомендованы следующие пути снижения веса конструкции:

1. Концентрация в одном агрегате большей мощности или производительности (приводит к снижению удельного веса).
2. Применение малогабаритных конструктивных элементов (ламп, сопротивлений, триодов и др.), а также микроминиатюрных элементов (с использованием техники тонких пленок и др.).
3. Внедрение сварных конструкций.
4. Использование проката облегченных профилей (тонкостенных и пустотелых), фасонного и периодического.
5. Конструирование с учетом применения упрочнения материала (поверхностная закалка, дробеструйная обработка, хромирование, наплавка и др.) и использование высокопрочных материалов (в частности, низколегированных).
6. Применение легких материалов (алюминиевых, магниевых сплавов, пластмассы и др.).



## ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ НОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗДЕЛИЙ

Июньский (1959 г.) пленум ЦК КПСС обязал «при разработке и внедрении новых технологических процессов, машин, механизмов... исходить прежде всего из того, чтобы они удовлетворяли требованиям наиболее рационального и экономичного использования общественного труда, материальных и денежных средств, обеспечивали увеличение выпуска, повышение качества и снижение себестоимости продукции, рост производительности труда, облегчение и оздоровление условий труда рабочих, соблюдение правил техники безопасности... сокращение сроков окупаемости капитальных вложений по сравнению с лучшими достижениями отечественной и зарубежной науки и техники».

Из этого следует, что экономическое обоснование новой техники требует сопоставления запроектированных технико-экономических показателей с соответствующими показателями лучших образцов аналогичной отечественной и зарубежной техники.

При выборе варианта для сравнения с ним новой конструкции нельзя ограничиваться только конструктивно подобными образцами машин или приборов. С экономической точки зрения к сравнимым должны быть отнесены все возможные варианты конструкции, имеющие одинаковое назначение и позволяющие решать данную задачу, выполняющие одинаковые функции — от примитивной техники, с использованием ручного труда до новейших конструкций.

При наличии большого количества сравнимых вариантов надо выбрать лучшие из них (в СССР и за рубежом).

При выборе базы для сравнения необходимо иметь в виду:

1) является ли новая техника целесообразной вообще (базой являются лучшие образцы);

2) какова реальная величина экономического эффекта в данной отрасли, на данном предприятии (база — заменяемые образцы в данной отрасли, на данном предприятии).

Вместе с тем при первичном решении какой-либо новой задачи в ряде областей техники на первых порах ее еще не с чем сопоставить. Но по мере освоения и отработки этой новой области техники появятся варианты ее улучшения, которые уже можно сравнить с лучшими из предыдущих.

Однако и при первичном решении новой технической задачи могут быть разработаны различные варианты конструкции. Сопоставление и анализ эффективности их позволят предотвратить возможное появление неэкономичных конструкций.

Экономическое обоснование новой техники начинается с выявления того эффекта, который получит народное хозяйство в результате ее применения. Прежде всего должно интересо-

# Система показателей экономической эффективности новых конструкций

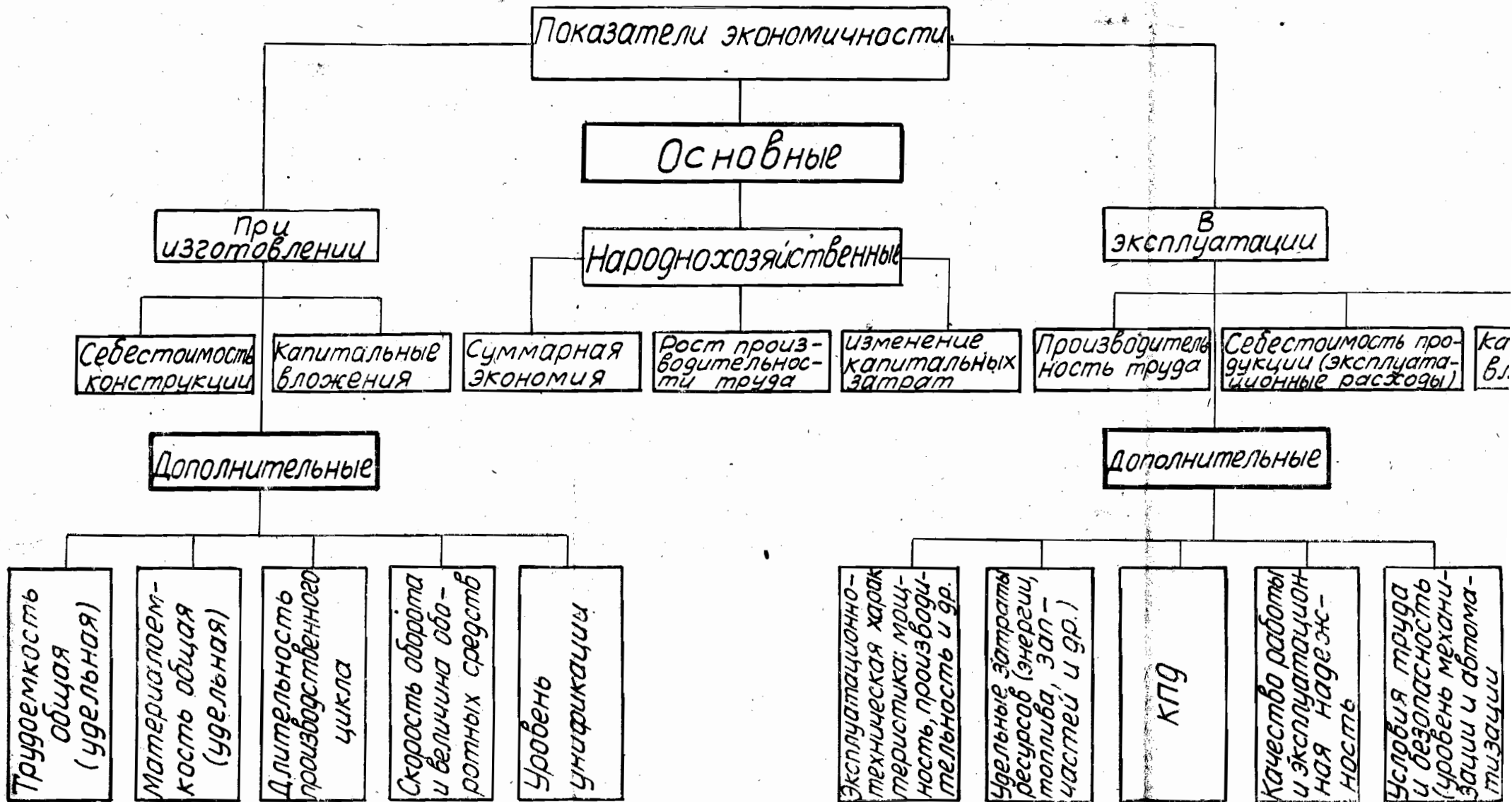


Рис. 1. Система показателей экономической эффективности новых конструкций

Экспонаты и абстрактные  
материалы

Капитальные  
Вложения

вать, как повысится производительность общественного труда при применении новой техники. Это, как учил В. И. Ленин, самое главное для победы нового общественного строя. Однако часто не представляется возможным определить повышение производительности *общественного* труда за счет применения какой-либо отдельной машины, прибора или установки. Поэтому ограничиваются расчетом повышения производительности живого труда — работников того предприятия, которое будет пользоваться этой новой техникой (рис. 1).

• Производительность труда

$$П = \frac{В}{Р}$$

где  $В$  — выпуск продукции (в натуральных или ценностных показателях) машиной, линией, участком, цехом или заводом в единицу времени;

$Р$  — количество работающих за тот же отрезок времени на том же участке производства.

Повышение производительности труда

$$\Delta П = \frac{П_n - П_c}{П_c} 100,$$

где  $П_c$  и  $П_n$  — производительность труда при использовании старой и новой техники (соответственно).

Однако повышение производительности труда не всегда можно приписать новой технике или автоматизации производственного процесса. Часто внедрение новой техники происходит при одновременном увеличении объема производства (выпуска продукции) на данном предприятии. В этих случаях необходимо учесть, что если бы такое же увеличение объема производства произошло даже при использовании старой техники, то производительность труда несколько увеличилась бы за счет постоянной части работающих на предприятии, количество которых при этом не меняется (дирекция, значительная часть служащих заводоуправления и цехов и др.). Приходится в таких случаях уравнивать объемы производства и отдельно учитывать, насколько возросла бы производительность труда при старой технике лишь за счет увеличения объема

$$\Delta П_{об} = \left( \frac{В_{ув.}}{P_n + (100 - P_n) \frac{B_{ув.}}{100}} - 1 \right) 100,$$

где  $В_{ув.}$  — увеличенный объем производства в процентах к первоначальному;

$P_n$  — постоянная часть работающих в процентах ко всему числу работающих.

Повышение производительности труда лишь за счет новой техники в этом случае будет

$$\Delta \Pi_{н.т.} = \Delta \Pi - \Delta \Pi_{об.}$$

Второй весьма важный показатель народнохозяйственного эффекта от применения новой техники — экономия денежных затрат.

Эта экономия может быть образована как за счет снижения себестоимости продукции, вырабатываемой при помощи новой техники (снижения эксплуатационных затрат), так и за счет снижения себестоимости изготовления самой новой техники (см. рис. 1).

Заводская себестоимость единицы продукции

$$C = M + D + \Sigma \chi \left( 1 + \frac{a + \sigma}{100} \right),$$

где  $M$  — стоимость основных материалов (за вычетом стоимости возвратимых отходов);

$D$  — стоимость покупных деталей, узлов, полуфабрикатов и комплектующих изделий;

$\chi$  — основная заработная плата основных производственных рабочих;

$a$  — процент цеховых накладных расходов;

$\sigma$  — процент заводских накладных расходов.

Снижение себестоимости

$$\Delta C = \frac{C_c - C_n}{C_c} 100^*,$$

где  $C_c$  и  $C_n$  — себестоимость при использовании старой и новой техники (соответственно). Снижение себестоимости должно учитывать только те затраты, которые изменяются в связи с применением данного мероприятия.

Первоначальные затраты на освоение новой техники в себестоимость не включаются. При расчете снижения себестоимости также необходимо уравнивать объемы производства и учитывать, насколько снизилась бы себестоимость даже при использовании старой техники, но при увеличении объема производства (за счет условно-постоянной части наклад-

\* Для получения сравнимости экономических показателей необходимо применять одинаковые методы их расчета, пользоваться при этом сопоставимыми исходными данными (тарифные сетки, ставки, нормативы, цены и т. д.) и приводить варианты к тождественному народнохозяйственному эффекту (одна машина или установка с удвоенной производительностью должна быть приравнена к двум машинам или установкам с половинной производительностью).

ных расходов, почти не меняющейся при увеличении объема производства)

$$\Delta C_{об.} = \left( 1 - \frac{C_n + (100 - C_n) \frac{B_{ув}}{100}}{B_{ув}} \right) 100,$$

где  $C_n$  — условно-постоянная часть расходов в процентах ко всем расходам.

Снижение себестоимости лишь за счет новой техники:

$$\Delta C_{н.т.} = \Delta C - \Delta C_{об.}$$

Не менее важно, чтобы капитальные вложения, необходимые для организации производства новой техники на заводе-изготовителе, а также для покупки этой техники эксплуатационниками (см. рис. 1) были умеренными и сопоставимыми с суммарной экономией.

Если капитальные затраты на новую технику меньше, чем на аналогичную старую технику, и имеется при этом снижение себестоимости продукции, вырабатываемой с помощью этой техники ( $K_n < K_c$ ;  $C_n < C_c$ ), то такой вариант ее является абсолютно эффективным и она подлежит первоочередному внедрению в народное хозяйство. Например, аппаратура для гамма-дефектоскопии требует меньших капитальных затрат на приобретение, чем соответствующая рентгеновская аппаратура. Эксплуатационные затраты также ниже.

Однако часто встречается новая техника, требующая больших капитальных затрат, но при этом эксплуатационные затраты снижаются. В таких случаях необходимо определить, насколько эффективен каждый дополнительный рубль капиталовложений.

Здесь можно воспользоваться показателем эффективности дополнительных капиталовложений по выпуску продукции

$$E_v = \frac{\Delta B}{\Delta K}.$$

Сравнивая этот показатель по новой и имеющейся аналогичной технике или по ряду вариантов новых конструкций, имеется возможность выбрать тот из них, который обеспечивает наибольший прирост выпуска продукции на каждый рубль дополнительных капитальных затрат.

Часто возникает необходимость сопоставить эффективность рубля, вложенного в автоматизацию действующего производственного процесса, с его эффективностью при создании нового аналогичного производства, если автоматизация обеспечивает прирост выпускаемой продукции.

В этом случае коэффициент эффективности автоматизации

$$E_{\text{авт.}} = \frac{E_{\text{в. авт.}}}{E_{\text{в. нов.}}} = \frac{\Delta B_{\text{авт.}} \cdot \Delta K_{\text{нов.}}}{\Delta K_{\text{авт.}} \cdot \Delta B_{\text{нов.}}}$$

Если считать прирост выпуска продукции в одном и другом случаях одинаковым, то

$$E_{\text{авт.}} = \frac{\Delta K_{\text{нов.}}}{\Delta K_{\text{авт.}}}$$

Он показывает, во сколько раз рубль, вложенный в автоматизацию, эффективнее рубля, затраченного на новое производство. Например, автоматизация доменной печи обеспечивает прирост производительности печи в среднем на 8%. Следовательно, автоматизация 12 доменных печей обеспечит такой же прирост выпуска чугуна, какой даст строительство одной новой доменной печи. Капитальные затраты, связанные с автоматизацией 12 доменных печей, равны 600 тыс. руб. Капитальные затраты на строительство одной новой доменной печи равны 10 млн. руб.\*

Коэффициент эффективности автоматизации составит

$$\frac{10\,000\,000}{600\,000} = 16,6.$$

Чем непрерывнее производственный процесс, тем обычно выше коэффициент эффективности его автоматизации.

Кроме показателя эффективности дополнительных капитальных вложений по выпуску продукции, необходимо также выявить эффективность рубля в части снижения себестоимости выпускаемой на этой технике продукции или снижения эксплуатационных затрат при использовании этой техники

$$E = \frac{\Delta C \cdot B_r}{\Delta K}$$

где  $B_r$  — годового выпуск при помощи новой техники (принимается по плану второго года внедрения).

От этого показателя легко перейти к сроку окупаемости дополнительных капитальных затрат

$$T = \frac{1}{E} = \frac{\Delta K}{\Delta C \cdot B_r} = \frac{K_n - K_c}{(C_c - C_n) \cdot B_r}$$

*Пример.* Взамен выпускаемой универсальной вычислительной машины стоимостью ( $K_c$ ) 80 000 руб.\* запроектирована новая универсальная машина с увеличением быстродействия на 40% стоимостью ( $K_n$ ) 170 000 руб. Эксплуатационные годовые затраты составят соответственно 22 000 руб. и 15 200 руб. Коэффициенты полезного использования машин во времени

\* Цифры приведены условно.

соответственно 0,65 и 0,75. Следовательно, запроектированная машина производительнее имеющейся в  $\frac{1,4 \times 0,75}{1 \times 0,65} = 1,6$  раза и заменяет 1,6 имеющейся машины.

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных затрат по выпуску продукции

$$E_{\text{в. и.}} = \frac{0,6}{170\,000 - 80\,000} = 0,0000066.$$

Если бы для приращения пропускной способности вычислительного центра воспользоваться машиной выпускаемого варианта, то

$$E_{\text{в. с.}} = \frac{1}{80\,000} = 0,0000126.$$

Хотя  $E_{\text{в. и.}} < E_{\text{в. с.}}$ , надо учесть, что повышение быстродействия имеет огромное значение не только для увеличения пропускной способности вычислительного центра, но и для возможности решения новых задач.

Коэффициент эффективности дополнительных капитальных затрат по себестоимости продукции

$$E = \frac{22\,000 \times 1,6 - 15\,200}{170\,000 - 80\,000 \times 1,6} = 0,476,$$

т. е. на каждый рубль дополнительных затрат годовая экономия на эксплуатационных расходах составит 47,6 коп.

Отсюда срок окупаемости дополнительных капитальных затрат

$$T = \frac{1}{E} = \frac{1}{0,476} = 2,1 \text{ года.}$$

Срок окупаемости по большинству видов машин, приборов, установок, автоматических устройств должен быть в пределах 3—5 лет. В отдельных областях техники (энергетика и др.) срок окупаемости допустимо повышать до 7 лет.

В некоторых случаях срок окупаемости затрат по новой технике может быть и превышен (с соответствующим ухудшением других, рассмотренных выше основных показателей), если имеются дополнительные показатели, обуславливающие это превышение, например облегчение труда, создание безопасных условий труда, перспективность конструктивного решения, повышение качества продукции, надежности работы или других отдельных параметров изделия, которым не могла быть дана денежная оценка.

Но и в этих случаях (например, при повышении надежности работы машины) необходимо сопоставить показатели эффективности дополнительных затрат, связанных с улучшением соответствующего параметра (например, выявить цену

надежности), по всем имеющимся вариантам конструктивного решения

$$E_{\text{ул. парам.}} = \frac{\Delta Я}{\Delta K},$$

где  $\Delta Я$  — улучшение параметра изделия в процентах к первоначальному.

Экономическое обоснование новых конструктивных решений должно иметь место и при проектировании машин, приборов, аппаратуры для научных исследований. Сопоставляя новые конструктивные решения со старыми, намечая и анализируя различные возможные новые варианты, можно выбрать наилучший из них и в техническом, и в экономическом отношении.

Аналогичным образом должно быть дано экономическое обоснование и по выполняемым научно-исследовательским работам.

В постановлении ЦК КПСС и Совета Министров СССР «О мерах по улучшению подготовки научных и научно-педагогических кадров» отмечается, что «при проведении научно-исследовательских работ недостаточно уделяют внимания вопросам их экономического обоснования».

По каждому виду новой техники, по научно-исследовательским работам может быть определен годовой экономический эффект (в соответствии с которым устанавливается и размер премии)

$$\mathcal{E}_r = [(C_c + E_{\text{норм.}} K_c) - (C_n + E_{\text{норм.}} K_n)] B_r,$$

где  $E_{\text{норм.}}$  — нормативный коэффициент эффективности капитальных затрат по себестоимости, принимаемый в соответствии с предельным сроком окупаемости в данной отрасли, но не ниже 0,15.

При наличии многих вариантов новой техники выбирается тот, который обеспечивает максимальный экономический эффект.

Экономический эффект от досрочного проектирования или ввода в действие строящихся объектов, новой техники

$$\mathcal{E}_{\text{доср.}} = E_{\text{норм.}} K (T_{\text{норм.}} - T_{\text{факт.}}),$$

где  $K$  — стоимость досрочно введенных в эксплуатацию основных фондов;

$T_{\text{норм.}}$  и  $T_{\text{факт.}}$  — нормативные и фактические сроки ввода в действие объекта в годах.

## ТРЕБОВАНИЯ ОРГАНИЗАЦИИ ТРУДА К КОНСТРУИРОВАНИЮ МАШИН

Программа Коммунистической партии Советского Союза предусматривает, что «развитие новой техники будет использовано для коренного улучшения и облегчения условий труда советского человека...».

В обращении Июньского пленума ЦК КПСС (1959 г.) к рабочим и работницам, колхозникам и колхозницам, к советской интеллигенции, ко всем трудящимся Советского Союза указывается: «Технический прогресс предполагает высшую организацию производства и труда. Комплексная механизация и автоматизация производства — благо, если труд хорошо организован...».

Механизация и автоматизация производства не должны заслонять самого человека — участника трудового процесса. Управляет ли человек отдельной машиной или автоматической системой машин, работает ли он на пульте управления, его труд должен быть наилучшим образом организован.

Каждая проектируемая конструкция должна удовлетворять не только техническим и экономическим требованиям, но и социальным. Она должна обеспечить улучшение условий труда и облегчение труда обслуживающего персонала.

Следовательно, при конструировании новых машин, приборов, установок необходимо не только механизировать и автоматизировать производственный процесс, но и максимально учитывать требования организации труда. Неудобное рабочее место, неэкономное или лишнее движение приводят к большим потерям сил и времени. Какие же мероприятия обеспечивают хорошую организацию труда и что следует учитывать при конструировании машин?

К таким мероприятиям следует отнести, во-первых, *рационализацию трудовых движений*, которая включает:

1. Укорочение движений и достижение наименее утомительных движений. Из пяти групп трудовых движений: 1) пальцев; 2) пальцев и запястья; 3) пальцев, запястья и предплечья; 4) пальцев, запястья, предплечья и плеча; 5) гальцев, запястья, предплечья, плеча и корпуса, наиболее

короткими (экономичными) и наименее утомительными являются движения первых трех групп. Поэтому необходимо стремиться к тому, чтобы большинство трудовых движений, выполняемых при управлении машиной, прибором, установкой, особенно часто повторяющихся, было в пределах первых трех групп. Лишь незначительная часть движений может относиться к четвертой группе, и вовсе следует избегать использования пятой группы — наиболее утомительных движений.

Учитывая, что рабочим часто приходится выполнять 10—20 и более тысяч движений в смену при общей протяженности движения рук 10—12 км и более, выбор наиболее коротких и наименее утомительных движений имеет немаловажное значение.

При конструировании машин, приборов, установок, пультов управления необходимо располагать рукоятки и кнопки управления, материал и заготовки, инструменты, подъемно-транспортные устройства с учетом указанного требования. При этом надо учитывать зону досягаемости рук рабочего в горизонтальной (рис. 2) и в вертикальной (рис. 3 и 4) плоскостях. Рукоятки и предметы наиболее частого пользования

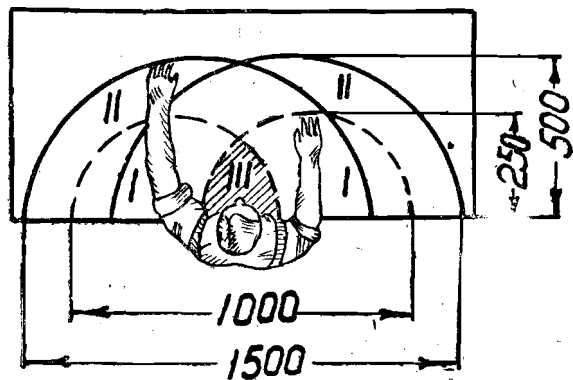


Рис. 2. Зоны движения рук в горизонтальной плоскости:

I — для первых трех групп движений; II — для четвертой группы движений; III — наиболее удобная зона для работы двумя руками)

следует размещать по возможности ближе к рабочему. Все то, что берется правой рукой, должно находиться справа от рабочего, то, что левой — слева от него.

2. Сокращение количества движений. Достигается продуманным расположением рукояток управления, кнопочных устройств, инструментов, материалов и полуфабрикатов в зависимости от порядка пользования или последовательности выполнения отдельных трудовых движений. Опыт показывает,

что 10—15% выполняемых трудовых движений в большинстве случаев являются явно излишними. Они утомляют рабочих и снижают производительность труда. Сокращение количества

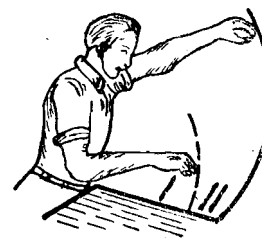


Рис. 3. Зоны движения рук в вертикальной плоскости

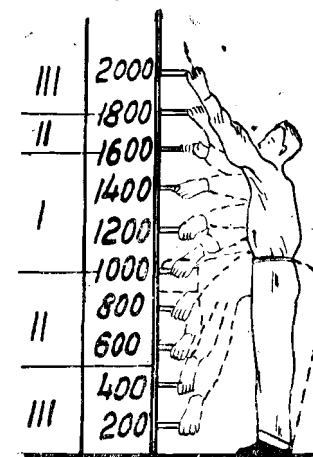


Рис. 4. Диапазон размещения органов управления по высоте: I — удобная зона; II — менее удобные зоны; III — неудобные зоны

движений при обслуживании автоматических устройств может быть достигнуто за счет речевых действий оператора — словесного приказа автоматическому устройству.

3. Увеличение скорости движения при понижении утомляемости рабочего. Короткие движения пальцев, запястья являются вместе с тем и наиболее быстрыми. Немаловажное значение имеет также направление движения. Учитывая силу тяжести, движение руки с тяжелым инструментом или заготовкой вниз будет и быстрым, и менее утомительным, чем движение вверх. Следовательно, тяжелые заготовки, полуфабрикаты или материалы должны располагаться несколько выше плоскости рабочей зоны, куда они должны перемещаться. Движение руки от себя (в сторону под углом примерно 45°) для перемещения рукоятки или, например, обработанной детали выполняется быстрее движения к себе. Наиболее быстрыми являются решительные, привычные движения рабочего, которые выполняются при постоянном расположении всего необходимого на рабочем месте, без отыскивания нужных предметов глазами. В противоположность этому приноровительные (к обстановке на рабочем месте) движения всегда будут замедленными и более утомительными.



При пользовании плоскими заготовками или инструментами необходимо создать также удобство «хватки», чтобы избежать замедления движения и лишних движений при предварительном приподнятии их концами пальцев или перекаладывании из рук в руки. Плоские предметы должны располагаться на плоскости стола, верстака или другого рабочего места торцом или с приподнятым краем.

Учитывая, что при выполнении каждого отдельного движения необходимо развить скорость и преодолеть инерцию массы руки и зажатого в ней предмета, а в конце — затормозить движение и снова затратить нервно-мышечную энергию, целесообразно выполнять комплекс трудовых приемов единым непрерывным движением, а развитие скорости движения производить толчком.

4. *Равномерное распределение нагрузки* на обе руки, перенесения части нагрузки на ноги (использование ножных педалей). Рука ни в коем случае не должна служить поддержкой, подставкой или опорой; это гораздо больше утомляет, чем производить движения с тем же грузом.

При выполнении работы обеими руками следует стремиться к тому, чтобы при разгибании в локте одной руки вторая в это время сгибалась в локте.

Следовательно, расположение рычагов, кнопок, рубильников, штурвалов на пультах или машинах должно соответствовать законам координации движений человека.

Во-вторых, необходимо *освободить рабочего от лишнего физического напряжения*. Для этого следует *снизить усилия*, затрачиваемые при пользовании рукоятками управления, маховичками, кнопочными устройствами.

Следует также *значительно снизить утомляемость зрения*, с которой часто начинается общая утомляемость организма. Современная техника, особенно техника будущего, освобождая человека от утомительного труда, требует большой внимательности при управлении ею, быстрой реакции на поступающую обильную информацию, умения принимать быстрые и правильные решения. Большинство же информации поступает часто при помощи зрительного сигнала, что приводит к чрезмерному напряжению и утомлению зрения. Однако имеются возможности, способствующие снижению утомляемости зрения.

На большом расстоянии лучше воспринимаются, например, белые линии на черном фоне шкал или циферблатов приборов.

Наибольшие ошибки допускаются при пользовании вертикальными шкалами приборов (примерно 35%). Это вызывает

увеличение напряжения зрения. Меньше ошибок бывает при пользовании горизонтальными (27%), полукруглыми (16%) и круглыми шкалами (11%). Наименьшие ошибки допускаются при пользовании счетчиками и аналогичными шкалами других приборов (0,5%).

Часть информации можно передавать не при помощи зрительного сигнала (на который человеческий организм реагирует в течение 0,15—0,22 сек), а слухового сигнала (более быстрая реакция — 0,12—0,18 сек) или даже сигнала на осязание (реакция 0,09—0,19 сек).

Снижается утомляемость зрения также за счет светлой и спокойной окраски (бледно-зеленой, бледно-голубой) оборудования и помещений, выделения окраской движущихся частей оборудования и рукояток управления, хорошей и не ослепляющей освещенности рабочих мест. Местное освещение должно быть по возможности составной частью конструкции машины.

Следует ограничить и общее количество информации, поступающей к оператору. При нормальном режиме работы оператор может воспринимать до 80 информации (связей) в час.

Необходимо также предусматривать при конструировании машин или установок возможность обслуживания их сидя. Если при работе сидя расход энергии принять за единицу, то на работу стоя затрачивается в 3 раза больше, а на работу в согнутом положении — в 14 раз больше энергии. Желательно по возможности предусмотреть поворотный стул или кресло с удобной спинкой, подлокотниками (чтобы исключить все лишние напряжения мышц) в конструкции машины или установки. При этом должен быть обеспечен наименьший наклон туловища.

Работа стоя длительное время допустима лишь в тех случаях, когда ее выполнение требует применения значительных усилий или движений с большим размахом рук и даже наклоном всего туловища. Такая организация труда должна изживаться за счет механизации и автоматизации производства.

Длительное пребывание в одной позе, даже сидячей, также утомительно и вредно. Необходимо ориентироваться на такую организацию рабочего места, которая позволяла бы менять позу в течение рабочего дня.

Конструирование машин, приборов, установок, пультов управления с учетом указанных выше требований организации труда, а также техники безопасности создаст наиболее благоприятные условия для работы на наших социалистиче-

ских предприятиях, которые будут развиваться в предприятия коммунистического общества, предприятия высокого класса организации и культуры производства.

Не человек для машины, а машина для человека — это положение необходимо всегда учитывать в процессе конструирования. Следует всячески разгрузить организм человека от лишнего напряжения, которого можно избежать.

---

Литературный редактор *А. И. Захариков*

Технический редактор *И. М. Суруевков*

Корректор *Л. Е. Антипина*

---

Л 102218. Подп. к печ. 19/VII-62 г.

Объем 1,75 п. л. + вклейка.

Зак. 397.

Тир. 600

---

Типография МИФИ, М. Пионерская, 12