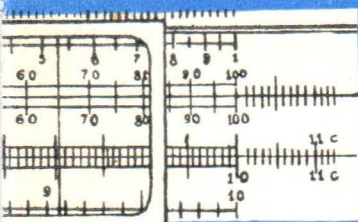


Ю. С О Б О Л Е В



КОНСТРУКТОР ВЫБИРАЕТ РЕШЕНИЕ



Ю. С О Б О Л Е В

**К О Н С Т Р У К Т О Р
В Ы Б И Р А Е Т
Р Е Ш Е Н И Е**

Т Е Р М С К О Е К Н И Ж Н О Е И З Д А Т Е Л Ъ С Т В О
П Е Р М Ь — 1 9 6 7

В этой брошюре главный конструктор Пермского телефонного завода Ю. М. Соболев, говоря о сложном процессе конструирования, заостряет внимание на вопросе улучшения технологичности конструируемых машин, механизмов и приборов.

Основа повествования — рассказ о преимуществах метода экономического анализа и поэтапной отработки конструктивного решения, ведущего к значительному снижению затрат труда и материалов при изготовлении различных деталей и изделий.

Автор на конкретных примерах показывает сущность типичных ошибок и недоработок, которые нередко возникают в конструкторском решении, разъясняет, как избежать их.

Во втором разделе брошюры, в Приложении, даны примеры поэтапной конструктивно-технологической отработки деталей, изготавливаемых из самых разнообразных материалов.

Прежде чем рассказать о достоинствах метода, Ю. М. Соболев побывал на многих предприятиях Москвы, Горького, Новосибирска, Риги и других городов страны, где на практике проверил его состоятельность. Добрые отзывы были получены и из-за границы.

На предприятиях, переведенных на новую систему планирования и экономического стимулирования, немало внимания уделяется бережному расходованию сырья и материалов, снижению затрат труда. Поэтому думается, что брошюра заинтересует каждого конструктора и технолога, поможет успешнее вести поиск неиспользованных резервов.

Совершенство под сомнением

Много раз мы берем в руки одну и ту же вещь. И вдруг задумываемся: так ли уж она совершенна? Допустим, спичечный коробок. Если поразмыслить, можно сделать его удобнее. Более плоским, например, чтобы не оттопыривался карман. Спички могут быть не обязательно такой длины: ведь предназначены они не для освещения. Пожалуй, и этикетка на коробке должна выглядеть привлекательней.

Впрочем, иногда мы привыкаем к небольшим неудобствам, к недостаткам в окружающих нас предметах. Порой мы, так сказать, потребительски оцениваем эти предметы; и нам, возможно, простительно не задумываться над степенью их совершенства.

Но есть многочисленная категория людей, не имеющих права на подобный взгляд. Это — конструкторы и технологи, изобретатели и рационализаторы. Те, кто создает все, что нас окружает, — от спичечного коробка до космического корабля. В нашей стране ежегодно выпускаются тысячи наименований машин, приборов, аппаратов и других изделий. Надо, чтобы все это было самым лучшим, самым надежным, самым дешевым в производстве.

Разумеется, даже совершенная вещь со временем стареет: непрерывно растет уровень науки и техники, растут и требования общества. Чем совершенней изделие, чем полнее при конструировании его учтены новейшие достижения науки и техники, тем дольше оно послужит людям. Но ясно одно: каждое изделие рано или поздно как бы создается заново, в него закладываются новая экономическая и техническая база, новые качества.

Здесь следует оговориться. Понятия качества, надежности, удобства — понятия относительные. Скажем, нужна ли деталям телевизора такая же степень надежности, как и деталям космического корабля? Пожалуй, нет. Ведь тогда телевизор служил бы без ремонта лет пятьдесят. А за эти годы техника шагнет так далеко, что мы сами не будем рады своему приемнику, который превратится в музейный экспонат.

Все должно создаваться продуманно, с учетом определенных требований, предъявляемых к изделию, его назначения, а также интересов производства. Вот почему конструктор обязан глубоко знать технологию и экономику, техническую политику производства.

В этой брошюре мы не будем касаться всего многообразия творческого процесса конструирования. Рассмотрим только одну из важнейших его сторон: обеспечение наивыгоднейших экономических показателей будущего производства — вопрос технологичности конструируемых машин, механизмов и приборов.

Техническая литература по этому вопросу обширна и многогранна. Но большинство материалов посвящено конкретным производствам, конкретным отраслям промышленности или, наоборот, общим проблемам теории машин и механизмов.

Это понятно. В связи с разнообразием проблем, встающих перед конструкторами, в связи с невозможностью обобщить опыт создания механизмов, не имеющих ни в конструировании, ни в экономике ничего общего, нет и общей методики проведения экономического анализа конструктивного решения. Однако создание такой методики в принципе возможно. Эта брошюра является попыткой дополнить теорию технологичности, создать методику экономического анализа и отработки конструктивного решения.

В качестве обобщающего звена взята деталь — понятие, приемлемое для любого проектирования и любого вида изделий.

Даже первичный анализ конструкций деталей убеждает, что многие из них имеют массу мелких, незаметных на первый взгляд недоработок, приводящих к необоснованным расходам материалов. Это надуманное, неоправданное усложнение формы, совершенно ненужное завышение класса точности обработки отдельных элементов,

чистоты нерабочих поверхностей, необоснованное применение дорогого материала, излишняя прочность, дорогие покрытия.

Изучение самых разнообразных конструкций изделий, выпускаемых различными предприятиями Москвы, Ленинграда, Риги, Новосибирска, Горького, Перми, показало, что экономические недоработки есть в любом производстве, что именно из-за них бесполезно расходуются материалы, а также время и энергия людей.

Более того, знакомство с работой конструкторских коллективов подтверждает, что экономически не обоснованные элементы есть не только в конструкциях текущего производства: они — постоянный спутник вновь создаваемых изделий. Процесс доработки экономически и конструктивно не обоснованных элементов дает повод говорить об огромном, почти не используемом резерве экономики.

Думается однако, что закрыть недоработкам путь в новые конструкции и улучшить изделия текущего производства можно, овладев методом экономического анализа и поэтапной отработки конструктивных решений.

Конструктор или технолог?

Одна из главнейших забот конструктора — достижение технологичности. А технологичной признается конструкция, высокие эксплуатационные качества которой обеспечиваются применением наиболее экономичного при данном объеме производства технологического процесса. Что и говорить, все хотят иметь деталь добротную, но дешевую в изготовлении. Дешевую, конечно, в разумных пределах, потому как дешевизна иной раз идет в ущерб качеству.

Забота о технологичности преследует конструктора с самого начала работы, с момента уточнения технических требований, предъявляемых условиями эксплуатации к конкретной детали. Он не должен успокаиваться и

тогда, когда уже изготовлен инструмент и начато серийное производство деталей.

Известно несколько путей достижения технологичности детали. Одни из них сводятся к производственному контролю чертежей. Чертежи, разработанные конструктором, передаются технологу. Технолог вносит в них исправления и дополнения, исходя из чисто производственных соображений. Естественно, он учитывает структуру и возможности данного предприятия. Но при этой системе технолог может внести в чертежи только отдельные изменения не принципиального характера. В лучшем случае ему удастся устранить лишь грубые промахи конструктора. Основы конструкции изделия, узла или детали, заложенные конструктором в чертеже, технолог не в состоянии ни изменить, ни улучшить. Да он и не обязан заново разрабатывать чертежи.

Таким образом, конструктор при проектировании детали из-за своей недостаточной технологической подготовки, а затем технолог из-за недостаточной конструкторской подготовки и невозможности усовершенствовать чужое творение не могут дополнить друг друга и, следовательно, создать совершенную, технологичную конструкцию.

Кроме того, такая система удлиняет сроки создания детали, ибо состоит из двух различных рабочих этапов — конструкторского и технологического. Она не обеспечивает создания действительно технологичной конструкции.

Другая система включает в себя отработку конструкции и технологического процесса при внедрении детали в производство.

Совершенно очевидно, что такая система неизбежно ведет к бесконечному растягиванию сроков внедрения изделия, ибо в этот период вносится множество конструктивных и технологических доделок и доработок, поправок и усовершенствований. Это в свою очередь повышает себестоимость подготовки производства. Экономика трещит по швам, так сказать, еще у колыбели изделия.

Практикуется объединение функций конструктора и технолога. Но тогда обязанности технолога переносятся на непосредственного создателя изделия — конструктора.

Поэтому и такой путь нельзя признать совершенным. При современном развитии техники, громадном разно-

образии и многогранности технологических процессов невозможно возложить на конструктора всю ответственность за технологичность конструкции. Притом функции конструктора и технолога настолько различны, что практически их совмещение удастся далеко не всегда.

Современные условия развития промышленности, быстрый рост новой техники постоянно требуют внедрения в работу конструкторов новых, прогрессивных методов создания технологичных конструкций.

Первая Ленинградская производственно-техническая конференция по технологичности конструкций в машиностроении подчеркнула в своем решении, что «в устаревших организационных формах существующими техническими методами поставленные задачи в области технологичности конструкций полноценно решить нельзя. Необходимо коренная реорганизация проектирования, направленная на создание таких условий, при которых обеспечение некоторых наперед заданных технологических свойств конструкции было бы предметом такой же заботы конструктора, как и обеспечение ее служебных и эксплуатационных качеств.

Целью организационной перестройки должно быть органическое объединение двух сторон работы (конструкторской и технологической) по созданию скоростными методами технологичных конструкций, машин и приборов.

Учитывая, что наиболее эффективным путем создания технологичных конструкций является путь разрешения этих вопросов при проектировании, конструктору необходимо знание современных методов технологии их изготовления»¹.

Коллективным мнением специалистов было признано совершенно необходимым внедрение систематического технико-экономического и технологического анализа проектируемых конструкций, причем этот анализ должен проводиться параллельно с проектированием на всех его этапах.

В решении конференции отмечалось, что создание в кратчайшие сроки технологичных конструкций, машин и приборов требует организации проектных работ по

¹ «Решение первой Ленинградской производственно-технической конференции по технологичности конструкции в машиностроении», Машгиз, 1950.

параллельному графику и включения технологов в процесс проектирования на самых начальных его стадиях. Решительно отвергалось мнение некоторых специалистов о нерациональности и необязательности применения параллельного графика, подкрепляемое ссылкой на большую сложность, многогранность задач, решаемых конструктором. Только с параллельным графиком работ могут быть обеспечены максимальные темпы технологического прогресса, тем более, что подлинное конструкторское творчество по самой природе своей всегда содержит элементы экономического, технологического анализа. Как важнейшее организационно-техническое средство совершенствования конструкции технико-экономический анализ должен сопровождать проектирование на всех его этапах. Выходит, единственно правильной системой, обеспечивающей максимальные темпы технического прогресса и достижение технологичности конструкции, является система параллельного графика. Так что на вопрос: конструктор или технолог? — можно ответить только так: и конструктор и технолог!

Впрочем, и эта система наиболее эффективна лишь при условии постоянного углубления конструктором своих технологических и экономических знаний. Даже при совместном творчестве конструктора и технолога технологичность конструкции в основном зависит от технологической подготовки конструктора, от его подхода к экономике.

Этапы поиска

Создание детали — первичной составной части будущей машины — сложный творческий процесс, требующий от человека широких, разносторонних знаний. Принципиально он мало чем отличается от процесса создания узла или самой машины. К тому же, необходимо постигнуть условия эксплуатации детали, объемы предполагаемого производства, осмыслить сравнимые экономические данные различных технологических процессов. Надо знать реальные условия данного производства, его потенциальные возможности. Порой приходится интересо-

ваться положением дел в отрасли промышленности, поставляющей материалы, перспективами ее развития, учитывать специализацию производства и много других факторов.

Этим, однако, дело не кончается. В творческом процессе конструктор должен не только продумать вопросы, непосредственно касающиеся самой конструкции: выбора материала и допусков, разработки форм, отделки, расчетов на нагрузки. Ему надлежит заглянуть в будущее, тщательно проанализировать все технологические и производственные последствия внедрения детали в производство. Он обязан учесть время, нужное для освоения детали, надежность необходимого для ее изготовления инструмента, трудности освоения предлагаемого технологического процесса и ряд других обстоятельств, в конечном итоге так или иначе влияющих на экономику.

Взгляните на прилагаемую схему (рис. 1). Она поможет зримо представить себе процесс конструирования детали. Процесс разбит на этапы, показана взаимосвязь отдельных факторов. Средняя часть схемы — это этапы процесса; слева и справа от нее перечислены различные факторы, влияющие на процесс конструирования и технологичность детали. Схема дает далеко не полный их перечень; в работе возникает масса отдельных специфичных для каждой детали моментов, проявляющих себя самым неожиданным образом и столь же неожиданно сказывающихся на технологичности. Необходимо отметить, что каждый фактор, как бы он ни был мал, так или иначе играет свою роль и сбрасывать его со счета ни в коем случае нельзя, ибо речь идет о поиске оптимального варианта.

По схеме конструирование детали может протекать в следующем порядке.

Как и при разработке изделия, началом конструирования является уточнение и выявление всех эксплуатационных конструктивных требований, предъявляемых к детали. Одновременно с этим уточняют серийность производства или его характер.

Затем конструируют и окончательно оформляют основные, рабочие элементы детали, выбирают материал, проводят расчеты на нагрузки, обеспечивают взаимозаменяемость и т. д.

На этом этапе конструирования обеспечивается вы-

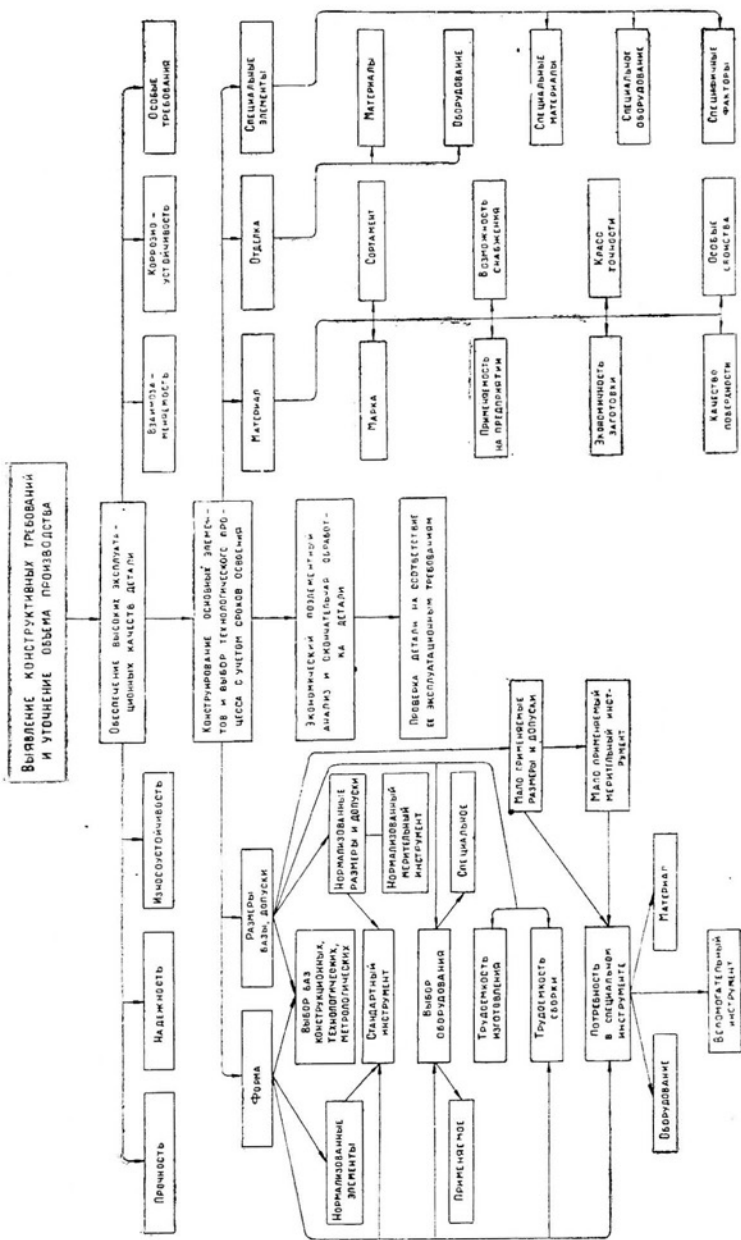


Рис. 1.

полнение всех эксплуатационных требований, предъявляемых к детали, закладываются основы ее будущей конструкции.

После выявления всех основных элементов, от которых зависит надежность детали, уточняется и окончательно обосновывается выбор технологического процесса. Составляют что-то вроде его скелета. Вот тут-то как раз и потребуются знание предполагаемой серийности и сроков освоения изделия.

Следующий этап можно назвать критическим. Конструкция детали подвергается экономическому анализу и отработке. Дотошно уточняются и отрабатываются все элементы, влияющие на ее себестоимость.

В заключение проверяют эксплуатационные качества детали, анализируют их состояние после внесения всех изменений, связанных с обеспечением максимально низкой себестоимости.

Последние два этапа процесса конструирования сводятся к ликвидации экономических недоработок и требуют применения метода экономического анализа и поэлементной отработки конструктивного решения. Это и есть главная тема нашего разговора.

Неизбежны ли ошибки?

Прежде чем говорить о методе экономического анализа и поэлементной отработки конструктивных решений, попытаемся выяснить, откуда появляются экономические недоработки.

Экономические недоработки — конструктивные решения, приводящие к необоснованным расходам, — встречаются буквально всюду. Это подтверждено специалистами отечественных и зарубежных предприятий. Останавливаясь на этом вопросе, мы ни в коем случае не собираемся смешивать технический прогресс и зависящие от постановки работ частные пути достижения технологичности деталей.

У конструкторов, творческих коллективов нельзя отнять их удивительных дел и огромных успехов в науке и технике. Эти успехи общепризнаны, неоспоримы. Пропагандируя метод экономического анализа и поэтапной конструктивно-технологической отработки детали, мы имеем в виду не крупные работы, не решения конструкторских проблем, а упущенные мелочи. Но в огромном индустриальном государстве, где стоимость выпускаемой продукции исчисляется сотнями миллиардов рублей, мелочи перестают быть мелочами, а копейки превращаются в миллионы рублей.

Конечно, мысль эта не нова. Резерв, обусловленный экономическими недоработками деталей, бесспорно использовался и используется независимо от внедрения предлагаемого метода. Мы совсем не утверждаем, что конструкторы и рационализаторы не вскрывали раньше подобные недоработки, не вносили усовершенствований и не добивались значительного экономического эффекта.

Разумеется, все это делалось, очень часто уточнение конструкции давало большой материальный выигрыш. Однако нередко предложения изменить конструкцию детали рождались не на экономической почве, не в результате стремления удешевить ее. Движимым началом выступала необходимость решить вполне определенную техническую или производственную задачу; порой реальность экономии была очевидной, оставалось лишь найти путь ее достижения. В обоих случаях желаемое достигалось. Но поиск шел интуитивно, ибо не было системы анализа. Ни упорядочить, ни проконтролировать, ни запланировать работу, а следовательно, дать ей правильную оценку было нельзя.

Эти выводы подтверждены примерами из жизни. Вот что писала по этому поводу группа специалистов новосибирских предприятий: «Несмотря на то что многие советские конструкторы успешно работают над созданием экономичных конструкций, конструктивно-технологическая отработка деталей как система работы не получила еще широкого распространения среди конструкторов. Это объясняется тем, что наши конструкторы в стремлении обеспечить эксплуатационные качества изделий отодвигают на задний план вопросы экономичности или вовсе ими не занимаются. Этому способствует распространенная на наших предприятиях и в научно-

исследовательских институтах такая система проектирования и освоения новых изделий, при которой показатели экономичности не ставятся наравне с показателями эксплуатационных качеств.

Вопрос о конструктивно-технологической обработке деталей как системе до сих пор глубоко не прорабатывался. Пути достижения технологичности детали с помощью метода поэлементного анализа найдены правильно».

Аналогичные отзывы были даны и специалистами других предприятий.

Таким образом, можно утверждать, что основная причина недоработок заключается в том, что конструкторами, технологами, экономистами не взят на вооружение метод анализа экономичности детали. Между тем, только планомерное наступление на недоработки может привести к созданию совершенных конструкций.

Отсутствие метода анализа экономичности детали, вернее ее элементов, приводило и приводит к тому, что даже некоторые опытные конструкторы, хорошо разбирающиеся в экономике, проектируя новую аппаратуру, приборы и механизмы, при работе над отдельными деталями упускают из виду различные, на общем фоне мелкие, факторы, влияющие на технологичность. Они лишь обеспечивают высокие эксплуатационные качества деталей, выбирают для их производства оправдавшие себя технологические процессы. Обычные мелкие трудности этих процессов, в какой-то мере отрицательно влияющие на себестоимость деталей или инструмента, остаются как бы незамеченными.

Менее опытные конструкторы часто вообще не задумываются над необходимостью тщательной, с учетом требований экономки, обработки деталей. Да и в силу своей недостаточной подготовки они не могут вести такую обработку. В результате чертеж любой детали, если предложенная конструкция отвечает освоенному на предприятии технологическому процессу или не вызывает особых трудностей в освоении, как правило, утверждается и передается технологом для проектирования инструмента и подготовки производства.

Если вновь обратиться к схеме конструирования детали, то можно сказать, что работа, как правило, ведет-

ся без одного из основных этапов — этапа экономического анализа.

Кстати, бытует утверждение, что экономический анализ — одна из сторон деятельности конструктора, что он идет на сделку с совестью, упуская его. Конечно, это не так. В оправдание конструкторов и технологов следует заметить, что вскрытые недоработки — настолько обычные технологические моменты, что обратить на них внимание удастся лишь принудительно, введя систему экономического поэлементного анализа в творческий процесс конструирования. Только при этом будет выявлено значение даже самых, на первый взгляд, маловажных элементов.

То же самое и у технологов. Они подвергают резкой критике только те чертежи, которые вызывают трудности в проектировании инструмента, трудности в освоении. Технологи не ставят перед собой задачу экономического анализа каждого элемента; они, также как и конструкторы, обычно не применяют в своей повседневной работе этого метода как составной части творческого процесса.

Короче говоря, и конструктор и технолог сдают производству чертежи, даже не подозревая, что они недоработаны. В результате обычные детали с обычными экономическими недоработками внедряются в производство, а допущенные просчеты от случая к случаю ликвидируются благодаря рационализаторским предложениям.

В помощь конструктору — хотя бы для того, чтобы заострить его внимание на каждом элементе, — и предлагается метод, помогающий ему, а также технологу, экономисту, рационализатору систематизировать применение экономического анализа для беспристрастной оценки созданной или создаваемой конструкции.

Разумеется метод — не чудотворное средство, не гарантия от ошибок. Сам по себе, без глубокого знания технологических процессов, особенностей производства, он не даст положительных результатов. Но даже попытки проведения экономического поэлементного анализа сразу убедят в необходимости организации среди конструкторов, технологов и экономистов серьезной технологической и экономической учебы. Кстати, опыту организации такой учебы в брошюре посвящается специальная глава.

Беспристрастный критик

Экономическому анализу и поэлементной отработке подвластны либо создаваемая деталь, либо деталь текущего производства, либо конструкция в стадии детализации, когда все рабочие элементы узла вполне определились.

Какова же исходная позиция конструктора? Начинать работу следует с разбивки детали на конструктивные элементы.

Под элементом подразумевается любая конструктивная составляющая детали: материал, чистота поверхности, размер, допуск, отделка, плоскость, резьба, ее чистота и класс точности, отверстие, фаска, радиус, лекальная кривая, сфера — словом, все, что в той или иной мере характеризует деталь. Каждый элемент относится к одной из двух групп — основной или вспомогательной.

К основной группе относятся элементы, от которых зависит удовлетворение эксплуатационных требований, предъявляемых к данной детали, к изделию в целом. Они влияют на разные факторы работы детали: на ее качество, надежность и взаимозаменяемость.

Каждый из элементов основной и вспомогательной группы анализируется, а потом уже производится всесторонняя проверка результатов отработки.

Для примера возьмем деталь, именуемую соединительной планкой (рис. 2). Предположим, что основными элемен-

тами планки являются: диаметры $\varnothing_1$ двух посадочных отверстий, размер которых определен диаметром осей; минимальная величина b в средней части планки, гарантирующая ее прочность; расчетная толщина планки; расстояние l между центрами; сечение R_1 материала

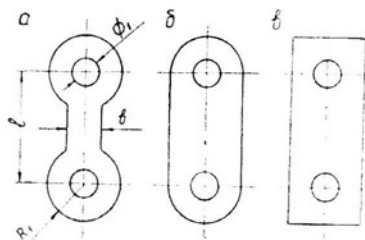


Рис. 2.

вокруг отверстий, рассчитанное на необходимый запас прочности. Будем считать, что все эти элементы тесно увязаны с общей компоновкой изделия и созданы на этапе конструирования детали, в момент, когда конструктор стремился к обеспечению надежности и высоких эксплуатационных качеств изделия.

К вспомогательной группе относятся элементы, которые не влияют непосредственно на качество изделия, его работу и не определяются требованиями, предъявляемыми к данной детали с точки зрения ее эксплуатации. При сохранении всех основных вспомогательные элементы позволяют совершенно по-разному решать конструкцию детали.

На рисунке показаны три варианта различного конструктивного оформления планки за счет изменения вспомогательных элементов.

Таким образом, элементы основной группы характеризуются тем, что от них зависят качество и работа детали, они созданы на этапе общего конструирования изделия или узла. Элементы вспомогательной группы характеризуются тем, что служат для полного конструктивного оформления детали, которое не влияет на работу и качество изделия.

Следует подчеркнуть, что элементы относят к той или иной группе исходя из особенностей работы детали, ее назначения в конструкции и роли в общей компоновке изделия. Но подход конструктора к этому, естественно, индивидуален, так что определенные рецепты здесь не годятся. Можно говорить лишь об общих принципах отбора. Важно только учитывать, что точное распределение элементов по группам способствует правильному подходу к их отработке и исключает случайные решения, которые могут ухудшить уже достигнутое качество конструкции или помешать достичь максимальной экономии. Для элемента, отнесенного к вспомогательной группе, основным критерием является экономичность. Здесь можно и нужно добиваться дешевизны исполнения элемента, отнесение же его к основной группе как бы ограждает от возможной переработки ради экономичности.

Вернемся к примеру с планкой. Если для надежной работы конструкции решающую роль играл бы вес детали, то, надо полагать, мы остановились бы на варианте *a*. Тогда вспомогательные элементы контура детали

вошли бы в основную группу и конфигурацию детали (вариант *a*) следовало сохранить при любом виде производства. При отсутствии требований к весу детали, к ее формам мы можем принять любой из трех вариантов, который будет наиболее технологичным для данного масштаба и вида производства.

После разбивки детали на элементы и определения основной группы конструктор начинает тщательную проработку каждого, независимо от величины и значимости. С этого момента деталь для конструктора уже не является единым целым: каждый элемент рассматривается как особая, самостоятельная часть конструкции.

Мысленное выделение отдельного элемента из общей конструкции детали является основой метода, так как именно при таком анализе легко сосредоточить внимание на главном, отчетливо увидеть положительные и отрицательные стороны элемента. Понятно, что при этом легче отыскать решение, обоснованное как с конструктивной, так и с технологической и экономической точек зрения.

В первую очередь тщательному анализу и отработке подвергают элементы основной группы. Они рассматриваются с учетом всех требований, которые предъявлены к детали. Это конструктивно-эксплуатационные вопросы: взаимозаменяемость, правильная простановка допусков, отделка, износостойчивость и другое.

Одновременно рассматривают вопросы экономики и технологии: правильность выбора метрологических установочных баз, возможность применения минимального количества специального инструмента при изготовлении детали и более широкого использования нормализованного и стандартизованного инструмента, достижение необходимой чистоты, а также другие вопросы, связанные с обработкой детали и трудоемкостью ее изготовления.

Практика показала, что в большинстве случаев группа основных элементов обрабатывается конструкторами достаточно тщательно в процессе создания детали. Однако индивидуальная отработка элемента всегда повышает качество и снижает себестоимость конструкции.

Если выше отмечалось, что при конструировании детали основная группа обрабатывается конструктором достаточно тщательно, то вспомогательная группа в момент основного конструирования обрабатывается слабо, а иногда так и остается неотработанной (если рассмат-

ривать ее с экономической точки зрения). Вот почему резерв экономии, о котором идет речь, заложен в основном в элементах вспомогательной группы.

Каждый элемент вспомогательной группы отрабатывается с целью достижения максимально экономичного использования потребного для изготовления деталей материала, простоты изготовления инструмента, расширения допусков и т. д. Короче говоря, с экономическими выкладками анализируются все факторы, влияющие на технологичность и себестоимость. В результате конструктивное и экономическое обоснование получает буквально каждый элемент.

После отработки и полного обоснования всех элементов не следует жалеть труда и времени на тщательную контрольную проверку. При этом уточняется, как повлияют на работу детали и изделия внесенные в конструкцию изменения, не ухудшат ли они ее качества. И, если все учтено, к этой детали при данном масштабе и виде производства уже не придется возвращаться ни конструктору, ни рационализатору.

Отрабатывается деталь

Итак, взяв на вооружение метод экономического анализа и поэлементной отработки, примемся за дело. Перед нами штампованная деталь — контактная пружина 1, являющаяся частью собранного узла (рис. 3). Попы-

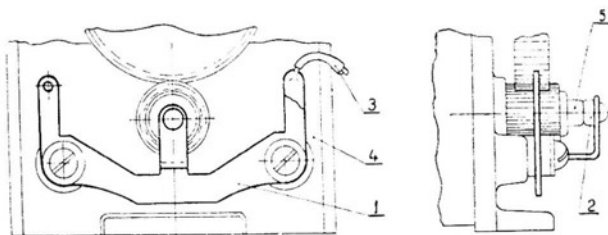


Рис. 3.

таемся на ней показать весь процесс отработки: выделение элементов основной группы, отработку элементов вспомогательной группы, контрольную проверку. Выясним также влияние вспомогательных элементов на себестоимость и технологичность детали.

Перед конструктором стояла задача создать узел, в том числе эластичную пружину, обеспечивающую определенное давление на контакт и, благодаря этому, передачу электрического тока от контакта 5 на контакт 2, а затем — к проводнику 3 схемного кабеля. Пружину необходимо было укрепить на стойке 4 узла.

Предварительно конструктор ознакомился с назначением и работой всех деталей узла, а также с существующими пружинами подобного рода, на основе чего создавалась рассматриваемая нами деталь. Таким образом, к моменту конструирования контактной пружины конструктору были хорошо известны точки ее механического крепления к стойке, точка крепления контакта и расстояние от трущейся плоскости контакта до стойки.

На основании этих данных рассчитано сечение рабочей (средней) части пружины. Чтобы обеспечить эластичность и устойчивость пружины, конструктор изогнул и тем самым удлинил ее рабочую часть. А для удобства припайки схемного кабеля с обеих сторон пружины вывел два паяльных лепестка. В остальном конфигурация детали образована произвольным соединением всех рабочих частей.

Конструктор избрал для изготовления детали способ холодного штампования. Его привлекла простота операции: вырубка с пробивкой отверстия и гибка обеспечили быстроту и дешевизну изготовления.

Холодное штампование не представляло для производства никакой трудности. Первая операция могла быть выполнена на комбинированном штампе с переворотом ленты. Для технологов и инструментальщиков деталь также оказалась обычной и несложной, ее приняли вместе с конструкцией узла.

Технолог, работая над чертежом, сделал развертку и раскроил ее в ленте. Отход материала составил 59%. Более экономичного раскроя получить не удалось. Подготовили полную технологическую оснастку, запустили деталь в производство.

Но действительно ли совершенной оказалась конст-

рукция? Давайте разберемся. Начнем с ознакомления с технологическим процессом. Даже при беглом экономическом анализе его видно, что деталь имеет два крупных недостатка, отрицательно сказывающихся на ее себестоимости: большой отход металла и неудачный раскрой, требующий либо переворота ленты, что затрудняет автоматизацию штампования, либо изготовления более сложного штампа.

Следует оговориться: оба недостатка столь обычны, что если бы мы не занимались анализом экономичности детали, никому не пришло бы в голову обратить на них внимание, их вообще не стали бы считать недостатками. Подобная деталь, сложность ее изготовления и отходы слишком привычны для глаза любого технолога и штамповщика.

Мы же проанализируем роль каждого элемента детали и по результатам анализа попытаемся при отработке элементов устранить оба недостатка.

Как говорилось выше, назначение детали — передача электрического тока от контакта якоря к схемному кабелю аппарата. К ней предъявляются определенные требования: пружина должна обеспечивать нужное давление на контакт, быть устойчивой в работе, прочно закрепляться на стойке. При этом схемный кабель надо удобно припаять к детали.

Применяя наш метод, выделим основные и вспомо-

гательные элементы пружины. К основным элементам относим (для наглядности на рис. 4 обозначим их толстыми линиями):

отверстия $\varnothing 4$ для крепления детали к стойке и расстояние между ними (38 мм);

отверстия $\varnothing 2$ крепления контакта и расположение его относительно

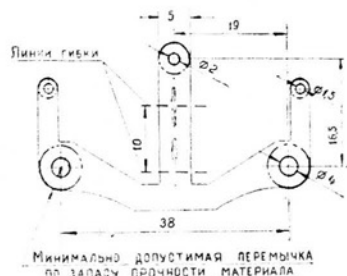


Рис. 4.

но отверстий крепления (размеры 19 и 16,5 мм);

расстояние от плоскости крепления пружины до плоскости крепления контакта — изгиб пружины (длина средней рабочей части 10 мм);

рабочее сечение пружины ($5 \times 0,4$ мм);
паяльный лепесток с отверстием $\varnothing 1,5$ для пайки
схемного кабеля;

минимальные запасы прочности материала вокруг
отверстий.

В связи с тем, что необходимо сохранить взаимозаменяемость новой детали и ранее выпущенных, и тем, что качество работы пружины вполне удовлетворяет предъявляемым требованиям, не будем изменять основные элементы, а путем экономического анализа попытаемся обосновать и отработать вспомогательные элементы детали.

Наиболее простым и удобным для автоматизации штампования будет штамп с одним вырубным пуансоном, работающий без переворота ленты. Поэтому расположим развертки детали в один ряд, друг за другом, как показано на рис. 5, а. Раскрой получается исключительно невыгодным, гораздо худшим, чем на принятом в производстве штампе с переворотом ленты. Но это расположение позволяет установить, что минимально допустимое расстояние (перемычка между деталями) получается между основным элементом нижней вырубки и вспомогательным элементом верхней вырубки.

Поскольку мы ищем возможность экономии материала, то невольно напрашивается новое конструктивное решение вспомогательного элемента, позволяющее уменьшить шаг штампа. Среднюю часть пружины раздвигаем для сближения вырубок.

Изменив среднюю часть пружины, сближаем вырубки и вновь располагаем их друг за другом (рис. 5, б). Расчет показывает, что отход металла сократился до 46,1%.

Теперь дальнейшему сближению мешает не средняя часть пружины, а паяльные лепестки, которые упираются в условно обозначенные окружности минимального запаса прочности материала вокруг крепежных отверстий. Уменьшение этих окружностей недопустимо. Каков же выход?

Анализируя работу и расположение узла в общей конструкции изделия, приходим к выводу, что один из паяльных лепестков пружины не является необходимым. Проводник схемного кабеля всегда припаивается только к правому лепестку, второй остается нерабочим. Следовательно, его можно убрать.

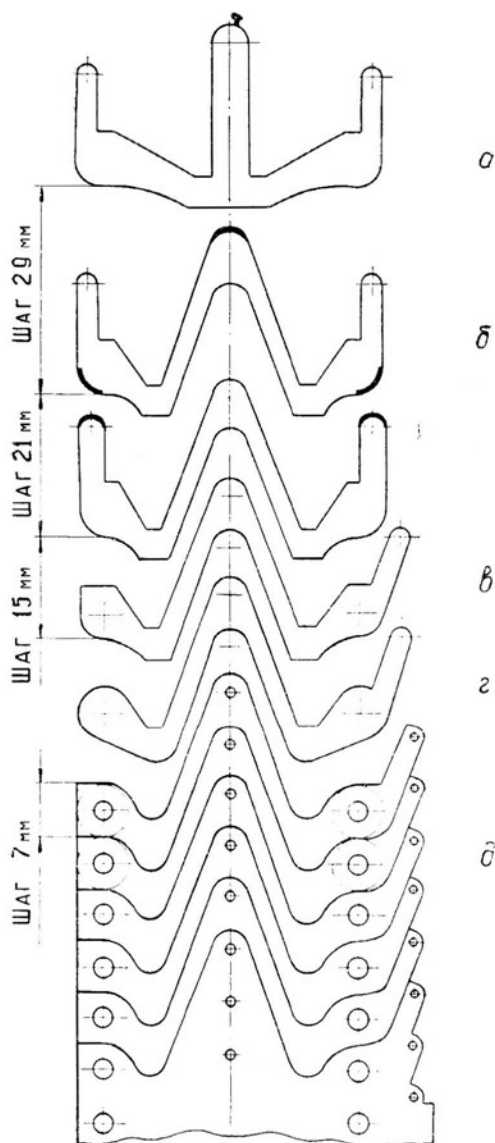


Рис. 5.

Расположение оставшегося лепестка не оговорено в требованиях к детали, не влияет на выполнение возложенных на лепесток функций и не зависит от других деталей. Лепесток, мешающий сближению разверток, можно отвести под углом в сторону (рис. 5, в). Таким образом, паяльный лепесток остается, хотя конструктивное оформление его стало другим. Это дало возможность еще больше сблизить вырубki пружины, раскрой стал более экономичным, а отход сократился до 30%. Теперь уже нет лишних площадей отходов, осталась только перемычка, которая необходима при обычном штамповании.

С этого момента обработка конфигурации детали может идти по двум направлениям, обусловленным чисто технологическими соображениями: первое — стремление к безотходному раскрою; второе (если по каким-либо причинам невозможно безотходное штампование) — стремление к простейшему изготовлению штампа при сохранении уже достигнутой экономичности расположения вырубок в ленте.

Прорабатывая элементы профиля детали так, чтобы максимально упростить изготовление штампа, получаем конфигурацию пружины, показанную на рис. 5, г. Если считать, что пружина будет изготавливаться обычным штампованием, при котором вырубка происходит сразу по всему периметру и между вырубками остаются перемычки, то деталь можно считать доработанной.

Для безотходного двухшагового штампования, наиболее экономичного и производительного, вспомогательные элементы профиля пружины прорабатываются еще более тщательно. Верхнюю и нижнюю части контура делают абсолютно одинаковыми, что позволяет убрать перемычку между деталями.

Тщательно отработанный верхний профиль нижней вырубki полностью вписывается в нижний профиль верхней вырубki, и получается безотходный, максимально экономичный раскрой (рис. 5, д). Шаг штампа доведен до минимума — 7 мм; теперь он равен диаметру условного кольца минимального запаса прочности. Уменьшение его невозможно. Отход материала доведен до 7,5%.

Такая степень использования материала (92,5%) вполне реальна, но, говоря о безотходном штамповании,

следует подчеркнуть, что внедрение его требует высокой культуры инструментального производства, высокой точности штампов.

Теперь можно подвести итог. Из рис. 6, где на фоне старой пружины, обозначенной пунктиром, показана

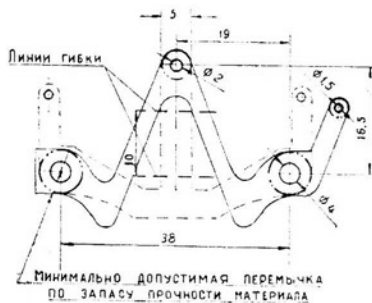


Рис. 6.

пружина новой конфигурации, видно, что все основные элементы пружины, влияющие на работу узла, остались без изменения. Один из основных элементов — сечение рабочей части пружины — несколько изменился. Но все конструктивные требования, предъявленные к данной детали и узлу, сохранены полностью. Не ухудшилась взаимозаменяемость новой детали и

деталей, ранее выпущенных заводом. Между тем новая конфигурация детали, полученная только за счет изменения вспомогательных элементов, позволила сократить отход материала при обычном штамповании на 29% и при безотходном штамповании — на 51,5%. Процесс вырубки можно автоматизировать без усложнения инструмента.

На примере с пружиной, даже при беглом знакомстве с технологическим процессом, сразу видны направления поиска путей снижения себестоимости детали. Следующий ниже пример характерен тем, что в нем экономическому анализу и отработке подвергалась деталь, полностью отвечающая требованиям технологичности, которую, казалось бы, не было смысла перерабатывать.

Оба примера взяты из жизни. И если перед отработкой пружины сразу была поставлена цель экономии металла, то при отработке станины — детали, которую мы будем рассматривать, ставилась только цель контрольного проведения экономического анализа и обоснования всех элементов конструкции. До начала отработки никаких предположений относительно возможности получения значительного экономического эффекта не было.

Казалось, что сделано все...

Станина 1, является основной базовой деталью намоточного полуавтомата (рис. 7). Конструктивно она выполнена в виде полтой коробки, наружные плоскости которой служат для установки на них узлов, а внутренняя полость — для размещения отдельных деталей и узлов механизма управления станком. Крепится станина непосредственно к рабочему столу, не являющемуся деталью станка.

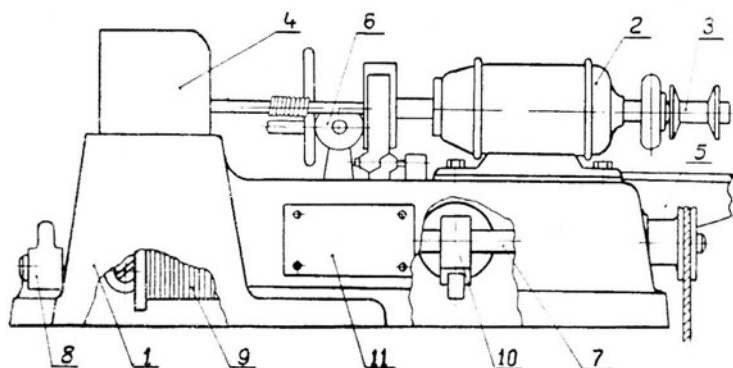


Рис. 7.

На станине укреплены:

- а) мотор 2, на вал которого с одной стороны устанавливается обрабатываемая деталь — наматываемая катушка 3, с другой — счетчик 4 оборотов катушки;
- б) кронштейн 5 механизма рядовой укладки провода;
- в) привод 6 укладываемого устройства;
- г) вал 7 управления станком;
- д) ограничитель 8 движения вала;
- е) катушка 9 реостата переключения обмотки мотора;
- ж) механизм 10 автоматического отключения станка;
- з) фирменный щиток 11.

Решив общую компоновку станка и обеспечив взаимодействие всех узлов и деталей, конструктор создал деталь — станину, показанную на рис. 8.

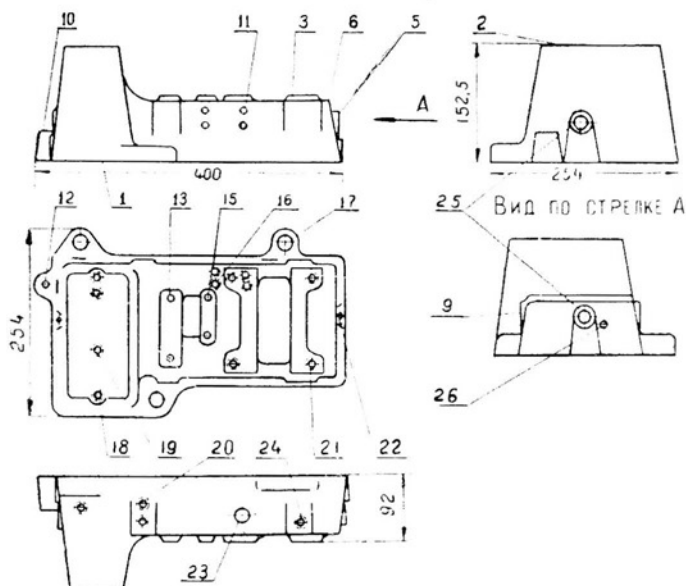


Рис. 8.

Какие же технические требования предъявляются к станине, в чем ее технологичность? Станина при работе полуавтомата несет очень небольшие механические нагрузки, и поэтому с конструктивной стороны на прочность и жесткость она не рассчитывалась. Коробчатая форма станины взята из чисто конструктивных, компоновочных соображений.

Отсутствие жесткой связи между узлами позволило конструктору дать широкие допуски обработки плоскостей и взаимосвязи отверстий. Лишь для двух отверстий $\varnothing 14$, служащих подшипниками, он счел необходимой более точную обработку. Для всей поверхности принята черновая чистота, все обрабатываемые поверхности имеют чистоту 3. Для изготовления детали выбран наиболее дешевый чугун, идущий на неответственные отливки.

Анализируя конструкцию станины с точки зрения ее технологичности, устанавливаем, что конструкция доста-

точно проста и допускает изготовление отливки любым способом.

Разъем формы идет по одной плоскости, без ступенек, земляных стержней не требуется, допуски максимально широкие, а к чистоте поверхности требований не предъявляется. Следовательно, конструкция позволяет технолог выбрать наиболее дешевый способ отливки. Например, при мелкосерийном производстве — вплоть до отливки в землю с использованием деревянных моделей.

Деталь имеет удобные базы для установок ее при механической обработке (нижнее основание, торцевая поверхность, боковые платики). Конструктивные, технологические базы и базы для измерения совмещены, что способствует повышению точности обработки и ликвидирует технологический перерасчет размеров.

Обрабатываемые поверхности доступны для нормализованного режущего и мерительного инструмента, не требуют специальной оснастки. Деталь не имеет поверхностей, требующих ручной обработки и обработки по лекалам. Широкие допуски дают возможность устанавливать деталь в приспособлениях без дополнительных выверок.

Форма детали, ее базы позволяют применить простые, быстродействующие пневматические установочные приспособления. Можно производить совместную обработку плоскостей или отверстий, то есть применять многошпиндельные сверлильные, резбонарезные и фрезерные головки.

Все конструктивные элементы (резьбы, диаметры отверстий, допуски и т. д.) соответствуют гостам. Отверстий и резьб, идущих под углом к плоскостям, деталь не имеет. Форма детали достаточно жесткая (коробка с низкими стенками), что позволяет применять скоростные режимы резания. Степень точности обработки и чистота обрабатываемых поверхностей позволяют использовать станки нормальной точности.

В общем, деталь может быть признана вполне технологичной для любого вида производства. И неудивительно, что технолог, не вдаваясь в подробности конструкции, пришел к выводу, что конструктор задачу создания детали решил правильно.

Обосновав, что наиболее экономичной для данной серии (условно прием серийность 18 000 шт. в год) будет

отливка детали в землю по металлическим моделям, технолог составил следующий перечень операций механической обработки детали:

1. Фрезерование плоскостей: 1, 2, 3, 9, 10.
2. Зенкерование с двух сторон плоскости 5.
3. Сверление:
 - а) 2 отверстия $\varnothing 3$ (отв. 22);
 - б) 12 отверстий $\varnothing 3,2$ (отв. 11, 13, 16, 20);
 - в) 4 отверстия $\varnothing 4,3$ (отв. 18, 19);
 - г) 7 отверстий $\varnothing 5,3$ (отв. 15, 21, 26);
 - д) 2 отверстия $\varnothing 8,3$ (отв. 24);
 - е) 1 отверстие $\varnothing 10$ (отв. 12);
 - ж) 3 отверстия $\varnothing 11$ (отв. 17);
 - з) 1 отверстие $\varnothing 12$ (отв. 23);
 - и) 2 отверстия $\varnothing 14$ (отв. 25).
4. Зенкерование под резьбу отверстий: 16, 18, 19, 20, 21, 24, 26.
5. Развертывание 2 отверстий $\varnothing 14$.
6. Нарезание резьбы:
 - а) М4 — в шести отверстиях (отв. 16, 20);
 - б) М5 — в четырех отверстиях (отв. 18, 19);
 - в) М6 — в пяти отверстиях (отв. 21, 26);
 - г) М10 — в двух отверстиях (отв. 24).
7. Зачистка всех острых кромок, оставшихся после фрезерования, и всей детали по внешней поверхности, подготовка ее под шпаклевку и окраску.

Мы ознакомились с техническими требованиями, предъявляемыми к детали, с путем ее создания и технологическим процессом изготовления. Теперь можно приступать к анализу конструктивного решения ее элементов.

Видимо, нет смысла разбивать сразу всю деталь на элементы. Для начала возьмем отверстия — ряд элементов, однотипных по характеру обработки.

Тридцать четыре отверстия девяти различных диаметров обрабатываются за одиннадцать операций. Поставим перед собой цель анализа и отработки: максимальное сокращение количества и номенклатуры отверстий, сокращение количества установок детали на станке.

Анализ роли отверстий в конструкции начнем с элементов основной группы — с боковых отверстий, работающих как подшипники вала управления станком.

ОТВЕРСТИЯ 25 ДЛЯ ВАЛА. Исходя из того, что вал управления в любом случае нужно крепить в подшипниках, а подшипники — к корпусу, можно считать, что конструктор правильно использовал стенки корпуса, превратив отверстия в них в подшипники вала.

Два боковых отверстия $\varnothing 14$ являются установочными для рабочего вала и могут рассматриваться как основной элемент конструкции, изменение которого недопустимо, вернее — крайне нежелательно: с расположением вала связана вся компоновка и конструкция станины.

Обработка этих отверстий (в связи с указанной в технических требованиях соосностью 0,15 мм) по технологическому процессу производится на вертикально-сверлильном станке с установкой детали на поворотном приспособлении. Поворот приспособления производится в плоскости, параллельной поверхности 1. Следовательно, если сверление каких-то отверстий на боковых плоскостях неизбежно (в данном случае $\varnothing 14$), то сверление других отверстий, находящихся на боковых плоскостях, для сокращения установочных операций желательно проводить одновременно с этими, назовем их базовыми, отверстиями.

ОТВЕРСТИЯ 11 ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ ФИРМЕННОГО ЩИТКА. Фирменный щиток, на котором указаны марка завода-изготовителя, год выпуска, тип станка, конструктор закрепил на четыре заклепки по всем четырем углам, видимо, только для того, чтобы углы не отгибались. А нам желательно иметь только два отверстия, расположенных на одной осевой.

Замена прямоугольной формы щитка овальной позволила закрепить его только двумя заклепками. Изменение же формы площадки крепления щитка позволило направить оси отверстий под заклепки (рис. 9), к центру вращения детали на приспособлении. Таким образом мы по-

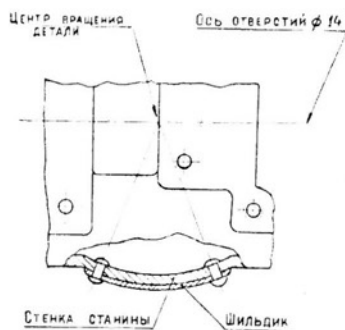


Рис. 9.

лучили возможность сверлить отверстия II совместно с отверстиями $\varnothing 14$, не применяя никаких специальных двух- или четырехшпиндельных головок, а используя только обычные быстросменные патроны.

В результате сократилась одна операция, устранены два отверстия, расход заклепок сокращен вдвое, упрощена и сборка.

ОТВЕРСТИЕ 26 ПОД ВИНТ, КРЕПЯЩИЙ ПРУЖИНУ (см. рис. 8). В это отверстие ввертывается винт, являющийся опорным для конца пружины, которая поворачивает вал, возвращая его в исходное положение.

Если рассматривать только это отверстие, обработка заключалась бы в переносе его на горизонтальную осевую отверстий $\varnothing 14$ и направлении оси обрабатываемого отверстия к центру вращения детали в поворотном приспособлении. Решение могло быть аналогичным предыдущему. Но при анализе был охвачен весь комплекс вопросов, связанных с осуществлением поворота вала: крепление пружины, упор, удерживающий вал от поворота, опорный прилив на станине.

Желание избавиться от специального прилива под упор, вернее от его обработки (фрезерование поверхности 10 и сверление отверстия 12), привело к новому конструктивному решению упора — к объединению его с винтом крепления конца пружины. При этом размер отверстия специально был увеличен до 14 мм, то есть до размера отверстий под вал.

Новое отверстие оказалось на одной оси с двумя основными отверстиями $\varnothing 14$, и сверление всех трех стало производиться совместно без применения каких-либо дополнительных инструментов и приспособлений.

В результате обработки узла отпала необходимость самостоятельной операции сверления и нарезки отверстия 26, самостоятельной операции фрезерования поверхности 10, сверления отверстия 12, а за счет ликвидации прилива сократился расход металла. Количество мелких деталей также сокращено.

Поскольку в данном примере мы не занимаемся анализом экономичности конструкции изделия в целом, а анализируем лишь результат обработки станины, то при подведении итогов экономия, полученная за счет ликвидации мелких деталей, приниматься во внимание не будет.

ОТВЕРСТИЯ 20 С РЕЗЬБОЙ М4 ДЛЯ КРЕПЛЕНИЯ УГОЛЬНИКОВ КАТУШКИ РЕОСТАТА (см. рис. 8). Наличие резьбовых отверстий М4, служащих для крепления катушки реостата, сейчас рассматривается как нежелательный элемент конструкции, ибо отверстия расположены на боковой поверхности корпуса. Анализируя целесообразность существующего конструктивного решения, находим новое — закрепляем катушку реостата на горизонтальной (верхней) части корпуса.

Изменение крепления корпуса катушки реостата позволило убрать с боковой поверхности два отверстия с резьбой М4, вдвое уменьшить расход сверл и метчиков (сократилось количество обрабатываемых отверстий), сократить номенклатуру инструмента (резьба М4 заменена резьбой М5), на 2 угольника, 2 винта и 2 шайбы уменьшить количество деталей, объединить операцию обработки отверстия М5 с операцией обработки отверстий 18 (рис. 10).

ОТВЕРСТИЕ 23 ПОД ПАЛЕЦ АВТОМАТА ВКЛЮЧЕНИЯ СТАНКА (см. рис. 8). В инструкции для работающих на намоточном полуавтомате ничего не сказано о назначении выступающей части пальца катушки автоматического выключения. Можно лишь предполагать, что в случае отказа механизма автоматической остановки станка он понадобится для ручной остановки.

Наличие пальца и отверстия для его выхода будем рассматривать с позиции такого предположения. Тогда местонахождение пальца (с задней стороны станка) очень неудачно. Такое решение ни в коем случае не удовлетворяет требованиям техники безопасности. Задавшись целью убрать отверстие с боковой поверхности станины и, если возможно, найти более удачное расположение пальца, перерабатываем узел, сохраняя как его назначение, так и взаимосвязь с другими деталями станка.

Изменение расположения катушки, объединение стойки и корпуса автомата включения с креплением подшипника позволили отказаться от обработки четырех резьбовых отверстий и перенести отверстие $\varnothing 12$ с боковой стенки корпуса на верхнюю панель. В предлагаемом варианте конструктивного оформления узла палец расположен в верхней (горизонтальной) плоскости станины.

Нажим на него удобен и безопасен, так как нет нужды подносить руку к вращающимся частям станка.

ДВА ОТВЕРСТИЯ 24 (M10) ДЛЯ ВИНТОВ КРЕПЛЕНИЯ КРОНШТЕЙНА (см. рис. 8). Для сборки и эксплуатации станка безразлично, к боковой или горизонтальной плоскости будет прикреплен кронштейн укладочного механизма. Поэтому из чисто технологических соображений и желания убрать оставшиеся на боковой поверхности два отверстия с резьбой M10 и ликвидировать фрезерование боковых платиков конструкция кронштейна и станины в местах их соединения подверглась некоторой переработке.

Установка и крепление кронштейна перенесены с боковой плоскости на горизонтальную. В результате этого конструктивного изменения операции сверления и нарезки резьбы M10 двух отверстий в задней стенке корпуса совмещены со сверлением трех отверстий $\varnothing 11$, операция фрезерования боковых платиков заменена операцией фрезерования горизонтально расположенных плоскостей.

Отверстия, которые расположены на боковых поверхностях станины, можно убрать совсем либо расположить так, что обработка их будет объединена в одну операцию. Что касается отверстия для смазки подшипника 22 вала, то в целях унификации сверл $\varnothing 3$ заменяем $\varnothing 3,2$. Необходимость в одном сверле отпадает.

Теперь обратим внимание на формы станины. Анализ и отработку их будем проводить с целью упрощения, а также снижения веса детали. Под формами имеется в виду толщина стенок, их конусность, переходы наклонных плоскостей в горизонтальные, размеры площадок и т. д.

Внутренняя компоновка показывает, что высота детали без ущерба для ее качества может быть снижена на 10 мм.

Вокруг всей станины сделана галтель. Галтель, как совершенно ненужную, мешающую слесарной обработке и, особенно, шпаклеванию перед окраской, убираем. Форма детали становится более простой для изготовления и обработки, более удобной для поддержания чистоты станка.

Чтобы получить доброкачественное литье, всю стенку станины делаем конусной, сужающейся ко дну отлив-

ки (верхней плоскости детали). Снижению веса детали будет способствовать увеличение фигурного отверстия площадки для установки мотора. Внешние контуры площадки делаем закрытыми по всему периметру. При этом ликвидируются щели, через которые пыль и грязь попадали на узлы внутри станины.

Сквозное отверстие делаем и в середине площадки установки счетчика. Это снижает вес детали, улучшает ее эксплуатационные качества. Через это отверстие можно, сняв счетчик, осматривать и чистить контактную систему реостата. Раньше для этого необходимо было снять со стола весь станок.

Увеличение прочности приливов крепления станины к столу путем изменения формы позволит уменьшить толщину их с 20 до 15 мм, что в свою очередь сократит глубину сверления и, следовательно, время на обработку.

Изменение радиуса прилива вокруг отверстия $\varnothing 14$ с 24 до 16 мм также снизит вес детали и, что самое главное, позволит сократить глубину сверления отверстия $\varnothing 3,2$ с 17 до 9 мм. Это почти в два раза увеличивает срок службы сверл и сокращает время сверления.

Благодаря отработке отдельных элементов черный вес детали снизился с 14,3 до 12,7 кг, чистый вес — с 13,5 до 11,95 кг.

На этом конструктивно-технологическую отработку детали можно считать законченной. Из рис. 10 ясно, что следует делать после отработки, а именно:

1. Фрезеровать плоскости 1, 2, 3, 4.
2. Зенкеровать с двух сторон поверхность 25.
3. Сверлить:
 - а) 4 отверстия $\varnothing 3,2$ (отв. 11, 22);
 - б) 5 отверстий $\varnothing 4,3$ (отв. 18);
 - в) 8 отверстий $\varnothing 5,3$ (отв. 13, 21);
 - г) 2 отверстия $\varnothing 8,3$ (отв. 24);
 - д) 4 отверстия $\varnothing 11$ (отв. 17, 23);
 - е) 3 отверстия $\varnothing 14$ (отв. 25).
4. Зенкеровать под резьбу отверстия 18, 21, 24.
5. Нарезать резьбу:
 - а) М5 в пяти отверстиях (отв. 18);
 - б) М6 в четырех отверстиях (отв. 21);
 - в) М10 в двух отверстиях (отв. 24).

6. Развернуть отверстие $\varnothing 14$.

7. Зачистить контур детали.

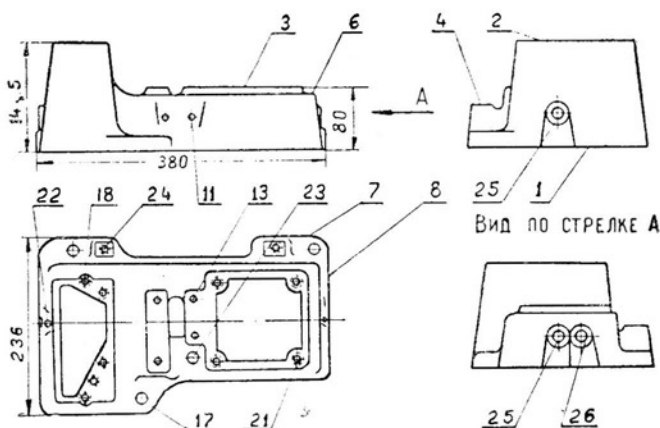


Рис. 10.

Для определения эффективности поэлементного анализа и конструктивно-технологической отработки станины сопоставим два технологических процесса: существовавший до отработки детали и принятый после нее. В обоих случаях исходим из одинаковой оснащенности быстродействующими приспособлениями, многошпиндельными головками, инструментом для скоростного резания; на одинаковых операциях берем одинаковые режимы обработки.

Подсчитываем затраты на заготовку, заработную плату производственных рабочих (включая расходы по соцстраху и отпускам), а также расходы по эксплуатации оборудования, по амортизации универсального станочного оборудования, по эксплуатации режущего инструмента, по эксплуатации специальных приспособлений, общецеховые и общезаводские расходы.

Получается, что нам удалось добиться снижения:

- 1) веса заготовки — на 11,2%;
- 2) стоимости заготовки — на 10,3%;
- 3) количества операций — на 41%;
- 4) штучного времени — на 26,7%;
- 5) количества станков — на 43,7%;
- 6) мощности моторов станков — на 26,6%;

7) расходов по эксплуатации оборудования — на 34,3%;

8) количества приспособлений — на 44%;

9) количества типов приспособлений — на 39%;

10) расходов по эксплуатации специальных приспособлений — на 41%;

11) расходов на режущий инструмент — на 42%;

12) расходов общезаводских — на 26,6%.

Как видим, игра стоила свеч. Но здесь уместно поставить вопрос: возможно ли дальнейшее упрощение, удешевление изготовления детали, дальнейшее повышение ее технологичности? Бесспорно, да. Ведь, работая над конструкцией, мы изменили лишь отдельные, явно не первостепенные элементы и детали (упор, шильдик, кронштейн, шкиф и др.).

При желании достичь большего снижения себестоимости станины нам пришлось бы изменять более сложные, возможно основные, узлы или даже весь станок.

Этот пример показал, какие неограниченные возможности дает применение метода экономического анализа. О том же говорят и примеры, приведенные в Приложении.

Покоряется и изделие

Все, что говорилось выше, было связано с работой над деталью. Исчерпывается ли этим значение метода? Пригоден ли он для более крупной конструкции — узла, изделия в целом? Без колебаний можно сказать: пригоден! Свидетельством тому примеры, о которых пойдет речь. Первый из них — переработка узла крепления микротелефона.

При разработке конструкции крепления микротелефона корабельного настольного аппарата перед конструктором стояла задача создать такой узел, который мог бы при качке и ударах надежно удерживать микротелефон в гнезде колпака. Требование это весьма важное, поскольку выполнение его гарантирует отсутствие лож-

ных вызовов автоматической телефонной станции. Узел должен быть удобным, прочным, обладать «мягкими» формами.

Корабельный аппарат создавался тогда, когда наш телефонный завод уже выпускал настольный аппарат. Производство выдвигало такие требования: использование колпака, идущего для обычного настольного телефонного аппарата, максимальное использование деталей этого аппарата, в крайнем случае — минимальное их изменение.

Конструктор решил поставленную задачу следующим образом: микротелефон, укладываемый в гнездо округленной нижней частью, попадал на сферу роликов — левого неподвижного (не рассматриваемого нами, так как он не подвергался изменению) и правого подвижного (рис. 11).

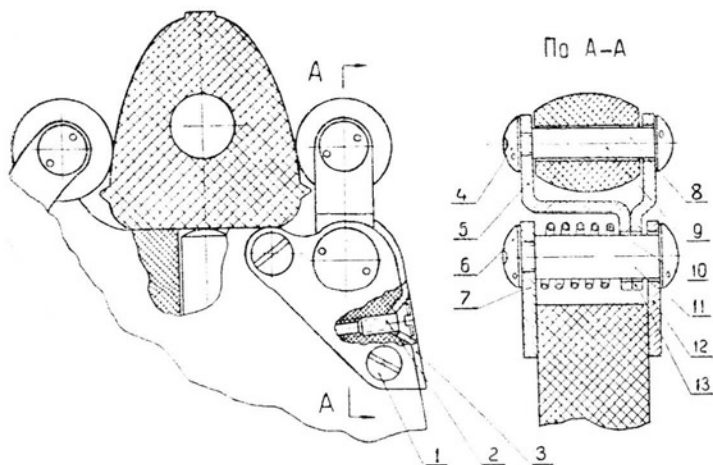


Рис. 11.

Отклонив подвижный ролик и пройдя мимо центров вращения обоих, микротелефон зашелкивался ими. Прижатый силой пружины 10 и роликом 8, он надежно закреплялся в гнезде и удерживал кнопку переключателя в нажатом состоянии. Всем внешним деталям конструктор дал «мягкие» формы.

Как показал опыт эксплуатации аппаратов, принцип крепления микротелефона найден был правильно, на-

дежность работы узла оказалась высокой. Однако конструктор выполнил поставленную перед ним задачу так, как выполняют ее люди, плохо знающие основные требования производства. Последующий анализ показал, что конструктор при разработке узла почти совершенно не считался с требованиями производства. И если в микро телефоне он вынужден был добавить буртик, действительно необходимый для надежного защелкивания роликом, а колпак немного видоизменить, то, создавая дополнительные детали для узла крепления, он не учел увеличения общей трудоемкости.

Тем не менее узел был согласован с заказчиком, запущен в производство и выпускали его много лет. Конструктивное оформление его следующее: прессованный из пластмассы ролик 8 вращается на оси 9. Ось выполнена в виде болта с полированной сферической головкой, имеющей два отверстия под специальный ключ. Ее ввертывают резьбовым концом в планку рычага 5 и закрепляют специальной сферической гайкой 4.

Рычаг, обеспечивающий подвижность ролика относительно микро телефона, состоит из двух свариваемых между собой деталей 5 и 13, свободно качающихся на оси 11. Пружина 10, одним концом упираясь в корпус, другим — в рычаги 5 и 13, прижимает ролик к микро телефону. Планки 7 и 12 крепят весь узел к корпусу аппарата. Винты 1 и их гайки стягивают планки на корпусе. Планка 2, прикрепленная к корпусу винтом, является облицовочной.

Конструктор создал правый и левый узлы и этим резко увеличил номенклатуру деталей. Ни одной нормализованной детали он не применил.

И вот спустя несколько лет пришлось взяться за отработку неудачного узла. Она вынужденно велась в два этапа: на первом необходимо было сохранить взаимозаменяемость узла на колпаке аппарата; на втором — отработка велась более эффективно, ибо сохранился лишь удачно найденный конструктором принцип взаимодействия микро телефона и ролика. Цель отработки в обоих случаях заключалась в сокращении трудоемкости и необоснованно раздутой номенклатуры деталей.

После первого этапа узел (рис. 12) получил следующее конструктивное оформление. Планки 7 и 12 по-прежнему крепят весь узел к аппарату; но, поскольку

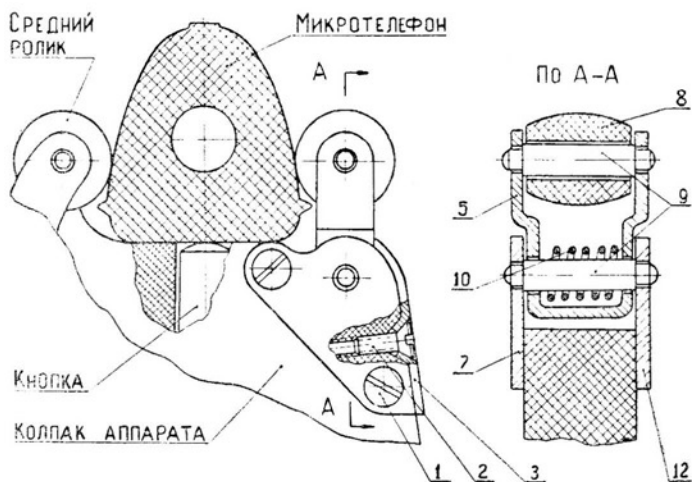


Рис. 12.

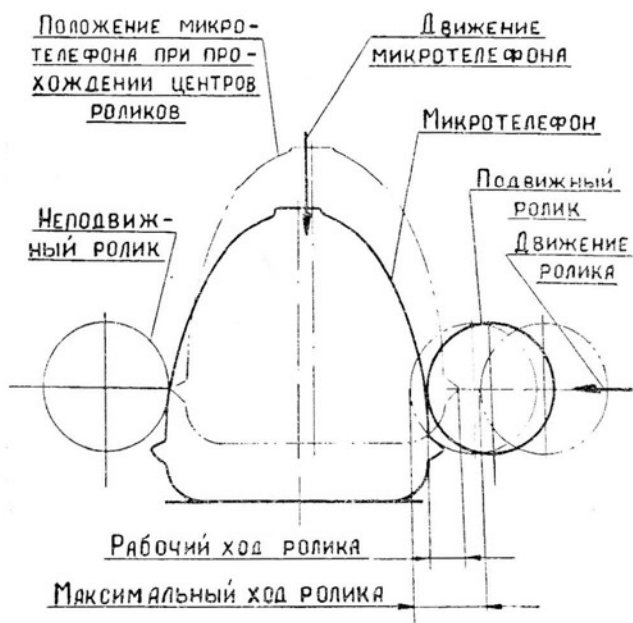


Рис. 13.

отверстие под ось в обеих планках одинаковое, они тоже стали одинаковыми. Облицовочная планка 3 в связи с изменением скобы 5 стала одинаковой для левой и правой стойки. Унифицированы и упрощены оси. Резко упростилась и одновременно улучшилась скоба 5 крепления ролика. Скоба и пружина 10 перестали быть правыми и левыми. Все положительные эксплуатационные качества узла и его взаимозаменяемость сохранены на колпаке полностью.

На втором этапе подходим к отработке всей конструкции узла. Рассмотрим элементы взаимодействия микрофона и ролика. Из рис. 13 видно, что основные из них: движение микрофона, направление движения ролика, тесно взаимосвязанные величины буртиков микрофона и отклонения ролика, его диаметр и сила, с которой он прижимается к микрофону.

Схема показывает, что идеальным размещением центра качания ролика (при условии, что укладывать микрофон в гнездо нужно с малыми усилиями, а брать с большими) является положение где-то вверху, над самым роликом. Но так как это невозможно, то правильное подойти поближе к горизонтальному положению.

Конструктор не выполнил этого требования, но, несмотря на это, конструкция работает надежно. Следовательно, в отличие от других элементов, радиус качания ролика может быть решен по-разному, и почти любое его решение с отнесением центра оси качания от центра ролика приведет только к улучшению конструкции. Кроме того, необходимости вращения рычага ролика нет: ход ролика слишком мал. Значит, есть смысл искать новое конструктивное решение крепления ролика.

В результате поисков предложена следующая конструкция (рис. 14). Ролик 1 вращается на оси 2, укрепленной в скобе 3. Ролик и ось взяты из старой конструкции без изменения.

Втулка 6 свободно вставлена в отверстие корпуса и является направляющей для подвижного (в горизонтальной плоскости) винта 7.

Скоба 3, имея длинные боковые ребра, ограничивающие ее боковые передвижения, устанавливается на колпаке свободно. Прижимает скобу к колпаку только го-

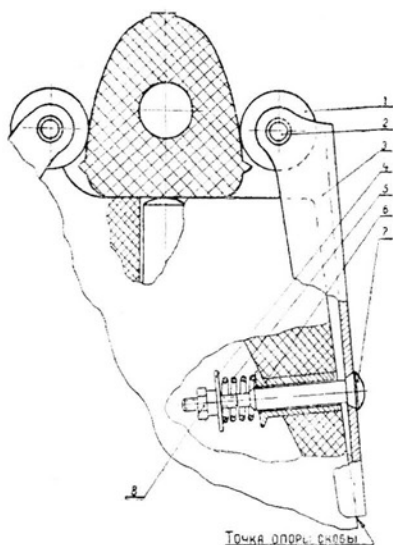


Рис. 14.

ловка подвижного винта 7, который работает как опора и как подвижная тяга. Гайка 8 необходима для крепления винта и регулировки силы прижима ролика к микро телефону.

Теперь микро телефон, укладываемый в гнездо, округленной нижней частью отклоняет подвижный ролик, минует ролики и защелкивается ими, прижатый силой пружины 5. Микро телефон надежно удерживается в гнезде и удерживает кнопку переключателя в нажатом состоянии. Все свойства конструкции сохранены.

Эта конструкция успешно прошла многолетние испытания и показала себя не менее надежной, чем первоначальная. Общие итоги переработки узла оказались неплохими (см. таблицу).

Результат переработки узла крепления микро телефона

Показатель	Единица измерения	До переработки	Первый этап	Второй этап
Номенклатура специальных деталей	шт.	20	9	6
Номенклатура нормализованных деталей	"	0	0	2
Общее количество деталей	"	32	26	18
Количество чертежей	"	26	11	6
Количество операций для изготовления специальных деталей . . .	"	43	12	7
Количество потребляемого материала	%	100	72	58
Трудоемкость	"	100	58	31
Себестоимость одного комплекта	"	100	61	29

Думается, этот пример подтверждает не только возможность, но и необходимость углубления сферы поэлементного анализа.

В следующем примере рассмотрим поэлементный анализ самих требований, на основе которых создавалась конструкция. Другими словами, подойдем к первому этапу конструирования — к работе с техническими требованиями, техническим заданием на разработку, к этапу обоснования группы основных элементов.

Изучение условий эксплуатации, умение правильно выделить основное в требованиях, предъявляемых к конструкции, играют в процессе конструирования исключительно большую роль. Опыт показывает, что только при соблюдении этих условий возможно действительно рациональное конструирование.

Недостаточно тщательное уточнение конструктивных требований, как правило, влечет за собой или снижение качества изделия, или повышение его себестоимости. Недостаточно серьезная оценка требований приведет к низкому качеству изделия, а из-за завышенных требований к конструкции в деталь будут заложены совершенно необоснованные элементы, удорожающие изделие.

Обратимся к примеру. В требованиях, предъявляемых к разработкам электроаппаратуры и аппаратуры связи, нередко можно встретить такую фразу: «Проводники входящей линии должны подключаться к специальным клеммам». На основании этой формулировки можно сконструировать ряд самых разнообразных по типу и размеру клемм, технология изготовления которых будет также различна. На рис. 15 показано несколько клемм, конструкции которых обеспечивают выполнение указанных требований.

Попробуем уточнить требования и дать их в следующей формулировке: «Проводники входящей линии должны подключаться к специальным клеммам. Конструкция клемм должна предусматривать прочный зажим проводника, возможность отвертывания клемм рукой, изоляцию головки клеммы от тока, идущего в линии». Или: «Проводники входящей линии диаметром 0,5—1,5 мм должны подключаться к специальным клеммам. Конструкция клемм должна предусматривать обеспечение контактного давления на проводник не менее 50 г

и возможность быстрого, без применения инструмента, отключения и подключения проводника».

На основании первой формулировки можно сконструировать клемму, подобную вариантам *в* и *г* (рис. 15). Применение остальных типов клемм, изображенных на рисунке, при таких требованиях становится невозможным.

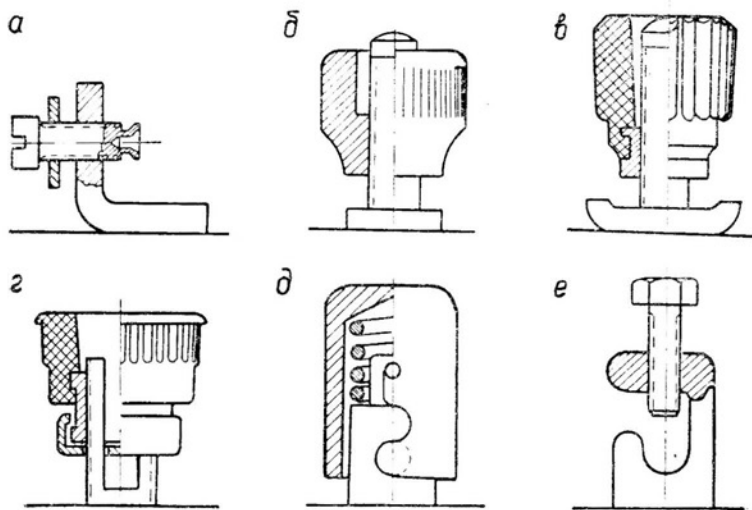


Рис. 15.

Вторая формулировка определяет конструкцию клеммы совершенно другого характера, подобного варианту *д*. Из этого простого примера видно, что даже небольшое уточнение конструктивных требований приводит к совершенно различным направлениям в конструкции узлов и деталей, несмотря на одинаковое их назначение.

Понимая, что уточнение конструктивных требований влияет на весь ход работы, конструктор все выясняет до мелочей. К примеру, перед конструированием клеммы он выясняет, что необходимо обеспечить:

а) удобство подключения проводника, то есть проводник должен легко и быстро подключаться, независимо от того, будут ли на руках работающего перчатки, имеется ли у него какой-либо инструмент;

- б) возможность затягивания головки плоским предметом шириной не более 2 мм;
- в) изготовление головки и основания крепления клеммы из изоляционного материала;
- г) прочное крепление проводника к клемме;
- д) колебание диаметра проводника входящей линии в пределах 0,5—2 мм;
- е) многократность работы головки;
- ж) значительный люфт головки в свободном состоянии;
- з) защиту клеммы от загрязнения.

Такое подробное уточнение требований, предъявляемых к детали, исключит ошибки, и конструктор спроектирует клемму, подобную изображенной на рис. 16.

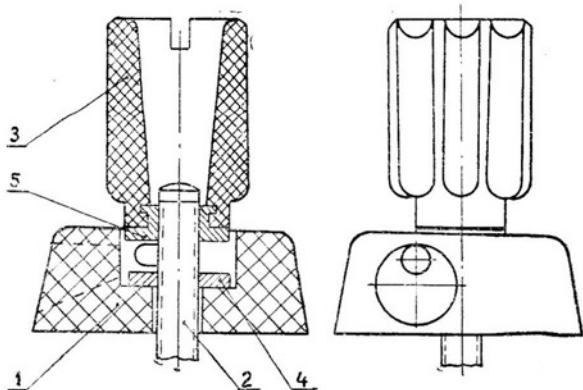


Рис. 16.

Удобство работы с проводником в любых условиях обеспечивается конструкцией специальной пластмассовой колодки 1, в которой имеется конусный канал для ввода проводника в гнездо. Широкий конец конуса $\varnothing 10$ позволяет легко и быстро вставлять проводник в канал; другой конец $\varnothing 2,5$ точно направляет проводник в гнездо. Попад в гнездо и скользя по его стенке, проводник обгибается вокруг стержня 2.

Головка клеммы 3, сделанная из пластмассы и имеющая крупные рифления, позволяет легко и быстро зажать лежащий в гнезде проводник. Контакт достигается

за счет прижатия проводника к контактной шайбе 4. Для более прочного затягивания в головке сделан специальный паз, позволяющий прибегнуть к помощи инструмента. Металлическая втулка головки 5 гарантирует длительность работы ее на износ. Люфт головки в свободном ее состоянии позволяет применить резьбу третьего класса точности, сделать втулку не особенно большой длины.

Можно считать, что такая клемма полностью отвечает всем предъявленным к ней требованиям и для крупносерийного производства является достаточно технологичной. Дальнейшие попытки изменить что-либо в конструкции приведут к невыполнению требований или к увеличению себестоимости.

Если пример с клеммой можно рассматривать как учебный, приведенный для того, чтобы подчеркнуть важное значение тщательного уточнения каждого элемента требований, предъявляемых к будущей конструкции, то следующие примеры взяты из практики предприятий.

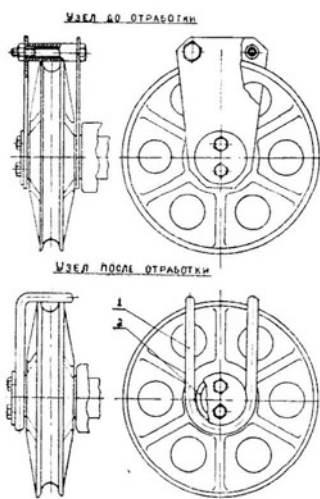


Рис. 17.

На одном заводе, изготовляющем экскаваторы, длительное время применялось ограждение блока, показанное на рис. 17. Конструктору, осуществившему переработку, достаточно было при анализе выделить только один вопрос: роль ограждения — и невольно напрашивалось новое, более простое решение.

На ограждение не влияют никакие нагрузки, оно должно удерживать от выскакивания из ручья блока случайно ослабнувший канат. Значит, основными элементами будут два оградителя над ручьем блока. Это требование с успехом вы-

полняет конструкция, оформленная в виде выгнутой из прутка дуги 1, приваренной к втулке 2. Вес узла сокращен на 5,2 кг. Трудоемкость изготовления значительно

снижена. Две щеки, два болта, две втулки, четыре гайки, два разводных шплинта заменены гнутым прутком и втулкой.

Второй пример. При проведении принципа специализации нашему заводу было передано производство двух типов концентраторов — телефонных аппаратов на шесть номеров.

Полученные образцы концентраторов и техническая документация показали, что предлагаемые модели трудоемки. Подготовка их производства также была очень сложна и требовала изготовления большого количества инструмента. Каждый концентратор собирали почти из двух тысяч деталей.

Заводу были даны весьма сжатые сроки освоения. Они учитывали лишь время перевода чертежей на действующую на заводе систему нумерации и время, необходимое для проектирования и изготовления инструмента. Сразу же определили значительную программу выпуска, ни о каком времени на переработку изделия не было речи.

Сложность конструкции, ее тяжелая, тесная компоновка, большое число вспомогательных деталей невольно наводили на мысль, что от многого можно избавиться, многое упростить. Работы шли одновременно по пути анализа электрической схемы и по пути чисто конструкторскому.

Концентратор — не что иное, как соединение воедино шести обычных телефонных аппаратов АТС. И если электроакустическую разговорную часть аппарата считать неизменной, то при разработке схемы коммутации все сводится к нахождению пути объединения каждого из полуфабрикатов всех шести схем в один, а по конструкции — к нахождению простейших и надежных решений механизма коммутации и более совершенного внешнего вида аппарата.

Основным элементом, доминирующим над всем последующим ходом работ, являлась проблема подачи сигнала. Основным потому, что необходимо было найти способ раздельного вызова всех шести абонентов, обслуживаемых аппаратом (любое последующее переключение полуфабрикатов схемы делается самим абонентом, включающим нужную абонентскую пару).

После изучения всего уже созданного, просмотра и

проверки ряда вариантов мы убедились, что все они не дают желаемого результата, и снова обратились к методу разбивки общей задачи на элементы.

В отличие от обычных телефонных аппаратов АТС, концентратор должен устанавливаться не всюду где угодно (в квартирах, общих помещениях, коридорах), а только в рабочих кабинетах, то есть рядом с вызываемым абонентом. Это позволило пойти по пути снижения громкости вызывного сигнала, мощности и громоздкости вызывного прибора. В результате взамен звонка и шести реле-бленкеров был предложен простейший генератор низкой частоты, рабочими элементами которого явились трансформатор и неоновая лампа (она же и оптический сигнал вызываемой линии), а датчиком звукового сигнала — обычный широко применяемый во всех аппаратах телефонный капсюль типа ТК-47.

Немало оказалось находок и в конструктивном оформлении аппарата. Удалось создать новую, красивую, более современную и более удобную в эксплуатации, надежно работающую модель концентратора.

Мы перерасходовали время, данное нам для копирования чертежей, но зато сокращение потребности в новом инструменте более чем на 350 единиц, применение в новом аппарате 92% деталей текущего производства с лихвой сэкономили время подготовки производства, позволили с первого же месяца выпускать концентраторы в количестве, предусмотренном планом. Сокращение входящих в аппарат деталей почти на 700 единиц, а применяемых материалов — в 2 раза принесло заводу в первый же год более 100 000 руб. экономии.

Анализ условий эксплуатации аппарата и правильная их оценка, новое решение фактически одного лишь элемента громкости вызова резко повлияли на весь ход разработки и обусловили предпосылки для создания высококачественной и экономичной конструкции.

Метод и стиль

Экономический эффект, полученный за счет отработок путем поэлементного экономического анализа конструкций текущего производства (частично экономия показа-

на в рассмотренных примерах и примерах Приложения), подтвердил предположение, что резервы экономии есть всюду, что метод экономического анализа может быть использован исключительно широко.

В свое время это побудило нас опубликовать первые работы, попытаться предложить использовать наш, тогда небольшой еще, опыт на других заводах. Совещания с конструкторами и технологами подтвердили наши предположения.

На многих предприятиях Москвы, Ленинграда, Риги, Горького, Новосибирска и Перми конструкторы, технологи и рационализаторы применяли предложенную методику работы с деталью. И всюду использование поэлементного анализа и отработки дало ощутимый эффект. Постановка вопроса, его решение вызвали широкий интерес.

Конструкторы и технологи — творцы рассматриваемых и критикуемых деталей, узлов, механизмов, убедившись в простоте метода, быстро и эффективно проводили отработки. Появлялись первые заметные экономические результаты, буквально на ходу рождались интересные предложения. Людей, любящих подлинное творчество, манил простор, почти нетронутые резервы экономии.

Вот мнение конструкторов, технологов и рационализаторов группы предприятий Горького, записанное в решении совещания, на котором обсуждалась возможность и рациональность применения метода: «Совещание отмечает, что до сих пор так глубоко вопрос отработки деталей не ставился. Рассмотрение ряда конструкций, деталей и узлов текущего производства изделий завода показало, что и здесь еще не использованы большие возможности экономии за счет конструктивно-технологической доработки вспомогательных элементов деталей. Система анализа экономичности деталей отсутствует даже при новых разработках. Не вызывает сомнения, что такие же недостатки при проектировании и возможности повышения экономичности конструкций имеются и на других предприятиях.

Предложен реальный и широко применимый метод анализа и конструктивно-технологической отработки деталей, внедрение которого при проектировании новых изделий значительно облегчит освоение изделий в про-

изводстве и снизит их себестоимость, а при работе с деталями текущего производства позволит получить значительный экономический эффект.

Совещание рекомендует ввести метод в работу конструкторов как повседневный и неотъемлемый при их конструкторской деятельности».

Участники совещания, проведенного в ленинградском Доме научно-технической пропаганды, заключили, что этот метод «найдет широкое применение на любом предприятии».

Работники Рижского завода ВЭФ, познакомившись с методом, в резолюции общезаводского совещания конструкторов и технологов записали: «До настоящего общезаводского совещания вопрос отработки конструкции деталей и вопрос повседневной, систематической борьбы за их технологичность на заводе так глубоко не прорабатывался. До сих пор в производстве имеются (вновь создаются) конструкции, в чертежах которых допущены недоработки».

Газетные краткие сообщения донесли весть о наших работах и до зарубежных друзей. Вот что писали в коллективном письме президент технической палаты, шеф-редактор технического издательства и первый председатель промышленного профсоюза «Металл» в Свободной федерации немецких профсоюзов: «Наши специалисты в Германской Демократической Республике познакомились с вашим методом. Техническая палата в лице научного комитета по вопросу конструкций и расчетов, а также целый ряд специалистов наших народных промышленных предприятий занялись изучением вашего метода.

Между прочим, шеф-конструктор завода ХФ по изготовлению оборудования для службы связи в Берлин-Обершеневейде, коллега Бинник, побужденный вашим методом, опубликовал в журнале технического издательства «Техника точных приборов» научную работу в той же плоскости под названием «Систематика конструкции». В этой работе показывается на одном примере, как в результате только одного конструктивного улучшения звонка переменного тока для наших самых распространенных телефонов удалось сэкономить 108 тонн важного производственного материала.

Технологический отдел Лейпцигского университета

постановил изучить метод в особом семинаре. Техническая палата установила в нескольких народных предприятиях факты, которые подтверждают преимущество вашего метода. Так, в одном единственном случае, в результате улучшения конструкции, была достигнута экономия в размере 6,3 тонны материала и 312 рабочих часов. Во втором случае, когда две штамповочные детали различных производств были скомбинированы, экономия составила за год 65,6 тонны материала и 3700 рабочих часов. Мы убеждены, что ваш метод может оказать нам значительное подспорье в строительстве социализма в Германской Демократической Республике, и нам хотелось бы ваш метод применять, сделать достоянием более широких масс».

Из всех этих высказываний видно, что за годы, миновавшие с момента обнародования метода, многие конструкторы, технологи и рационализаторы, успешно применив его на практике, достигли большого экономического эффекта.

Поэлементный экономический анализ и последующая отработка — это творческий поиск, основанный на знании технологических процессов производства, на творческой инициативе. Вот почему в целях накопления производственного опыта и сближения конструкторов с технологиями мы поставили перед собой задачу дать всем конструкторам знания, от которых зависит создание технологичной детали.

Предстояло искать форму учебы конструкторов. Техническая литература освещала вопросы технологичности слишком общо, давая примеры сплошь и рядом очень далекие от нашего производства. И мы решили учиться на своих же ошибках, на ошибках конструкторов, создавших изделия, изготавливаемые нашим заводом. Метод и здесь помог увидеть эти ошибки.

Нельзя сказать, что у нас была вполне определенная программа, рассчитанная на определенное количество часов. Но был свой план, нам нужно было познать все трудности производства, возникающие по нашей вине. Учебу построили на основе конкретных бесед с инженерно-техническими работниками цехов. Они подробно рассказывали об особенностях и трудностях производства, обращая главное внимание на трудности, которые, по их мнению, вызваны нашими просчетами.

Обратились с такими же просьбами к инструментальщикам и пластмассовикам, автоматчикам, штамповщикам, конструкторам, проектирующим инструмент, к химикам. И люди, хорошо знающие производство, охотно беседовали с нами, подбирали наглядные примеры, как частные, так и обобщающие, высказывали свои соображения и пожелания по тому или иному вопросу, разъясняли причины, порождающие брак и перерасходы. Критикуя наши чертежи, они косвенным образом подсказывали пути создания деталей, не имеющих порочных элементов, объясняли, во что обходится то или иное ошибочное решение в конструкции детали. Мы познакомились с рядом сторон производства, которые раньше оставляли без внимания.

Избранная форма учебы принесла немало пользы, еще больше сблизил нас с технологами, помогла понять тонкости производства, подтвердила необходимость глубокого всестороннего анализа каждого элемента детали.

Четкая документация, связь с производством, экономический анализ того или иного решения вырабатывают деловой стиль у конструктора, позволяют ему избежать последующих доделок. Это исключительно важно при новых разработках.

Мы еще не научились по-настоящему ценить свой труд и время, труд и время других. А любой возврат документа, любая неточность в его исполнении приводят к излишним согласованиям во время проектирования, к удлинению сроков освоения, ошибкам в технологическом процессе, отнимают массу времени у людей. Это и есть перерасходы, устранение которых имеет не менее важное значение, чем устранение недоработок в выпускаемых сейчас конструкциях.

Использование в повседневной работе метода экономического анализа и поэлементной отработки конструктивного решения — необходимое дополнение к многогранной и ответственной работе конструкторов, технологов, дополнение, способствующее своевременной ликвидации нерационального расхода народных средств, времени и материалов.

Итак, нами исследованы процесс конструирования детали и пути достижения ее технологичности, вскрыты причины появления в производстве экономически не обоснованных конструкций, рассказано о методе эконо-

мического анализа и поэтапной отработки конструктивных решений. Метод пригоден не только в работе с деталями текущего производства, но и при проектировании новых деталей. Думается, он может стать и частью будущей теории проектирования конструкций.

Нам представляется, что этот метод очень важен, особенно сейчас, когда осуществляется новая система планирования и экономического стимулирования, утвержденная сентябрьским (1965 г.) Пленумом ЦК КПСС. В методе экономического анализа и поэтапной отработки конструкций кроется огромный резерв экономии и повышения качества изделий, достижения рентабельности производства. Верится, что в силу этого он заинтересует многих конструкторов и технологов, изобретателей и рационализаторов.

ПРИЛОЖЕНИЕ

**Примеры применения метода
экономического анализа
и поэлементной отработки
конструктивного решения**

В Приложении рассматриваются отдельные примеры поэлементной конструктивно-технологической отработки деталей, изготавливаемых различными способами (штампованием, механической обработкой, прессованием, литьем) из разнообразных материалов. Его назначение — проиллюстрировать широту диапазона применения метода и экономическое значение поэлементной отработки.

Отработка вспомогательных элементов деталей капсьюльного телефона

Пример характерен тем, что почти в каждой детали телефонного капсюля найден вспомогательный элемент, за счет отработки которого получена экономия.

Капсюль служит для воспроизведения разговорной речи. В связи с тем что он является акустическим преобразователем, где значительную роль играют не только расчет катушек, размер и материал мембраны и сердечников, но и внутренний объем, мы не задавались целью сконструировать его заново, а только поставили задачу проанализировать экономичность деталей и попытаться в той или иной степени упростить их.

На рис. 18 показана электромагнитная система капсьюльного телефона типа ТК-47. Вся система собирается внутри пластмассового корпуса 1. На основания полюсных наконечников 5 положены два подковообразных

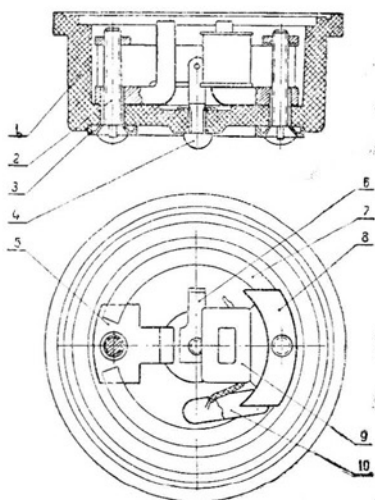


Рис. 18.

магнита 7. Магниты прижимаются к сердечникам крепежными планками 8, стягиваемыми винтами 2.

Для передачи электрического тока с внешней цепи к катушкам на корпусе устанавливается контактное кольцо 3 и контакт 4. Получается электрическая цепь, состоящая из таких деталей: контактное кольцо 3, винт 2, лепесток 10, обмотка катушек 9, лепесток 6, контакт 4.

Все эти детали в процессе эксплуатации не подвергаются каким-либо механическим нагрузкам. Особой конструктивной зависимости между деталями нет, поэтому они перерабатывались независимо друг от друга.

ПОЛЮСНЫЕ НАКОНЕЧНИКИ. Происхождение показанной на рис. 19 конфигурации детали (вид слева) можно объяснить следующим. Сечение прямоугольной части наконечников (6,3 мм), толщину материала (3 мм)

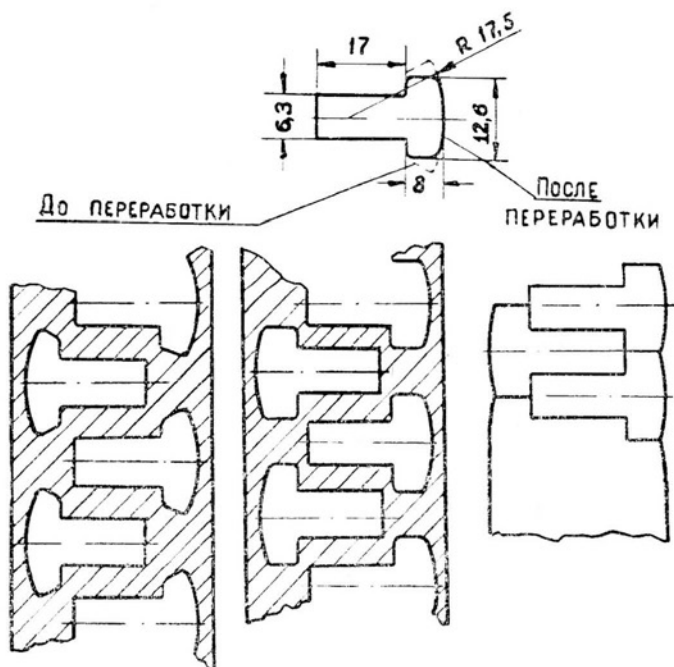


Рис. 19.

и полку для магнитов ($8 \times 12,6$ мм) конструктор рассчитал, исходя из величины проходящего по сердечникам магнитного потока определенной силы. Длина прямоугольной части наконечников (17 мм) определена размером высоты катушек.

Расположение отверстия под винт и радиус 17,5 мм определялись в момент компоновки всего узла. И лишь один элемент данной детали (форма опорной площадки) был создан произвольно, без какой-либо связи с другими деталями или требованиями конструкции.

Рассматривая работу деталей, нетрудно убедиться, что наличие опорных площадок необходимо, но форма их ничем не обусловлена. Сборочный чертеж наглядно показывает, что конструктор, проектировавший капсюль, решил форму площадок довольно просто. Он свел боковые линии контура основания полюсных наконечников к центру корпуса. Технолог правильно и достаточно выгодно раскроил развертку детали в полосе металла. Отход при этом составил 48%. Лучших показателей достичь не удалось. В результате анализа каждого размера к вспомогательным элементам относим всего лишь один — форму площадки опоры магнита.

Анализ формы этого элемента, рассматриваемой в раскрое, показывает, что она несложна для изготовления инструмента, но влияет на расход металла. Изменяем форму площадок. Получаем Т-образную развертку детали и новый, более экономичный раскрой. Площадки касания магнитов и полюсных наконечников несколько уменьшились, но лабораторные анализы и проверка опытных партий капсюльных телефонов подтвердили, что это изменение не уменьшило магнитного потока на концах наконечников. Оказалась вполне достаточной и прочность крепления полюсных наконечников и магнитов. Нисколько не пострадала и конструкция капсюльного телефона. Отход дорогого металла сократился на 15%.

Затем конструктор в новых расчетах учел кратность размеров 12,6 и 6,3 и дал возможность технологю раскроить деталь без отходов.

Переработка вспомогательного элемента, дав сокращение расхода металла на 15% при обычном и на 45,5% при безотходном штамповании, не повлекла за собой ни

одного изменения других деталей узла, не нарушила качества детали и свойств взаимозаменяемости.

КРЕПЕЖНАЯ ПЛАНКА 8 (см. рис. 18) предназначена для крепления магнитов к полюсным наконечникам. Единственный вспомогательный элемент, не сопрягающийся ни с одной деталью узла и не влияющий непосредственно на качество изделия, — прямая сторона планки, лежащая против дуги. Переработка этого элемента не нарушила взаимозаменяемости детали, не ухудшила ее качеств.

Экономия латуни составила 36%. Производительность инструмента повысилась в два раза.

ПАЯЛЬНЫЙ ЛЕПЕСТОК оказалось возможным переработать с целью экономии материала и упрощения инструмента.

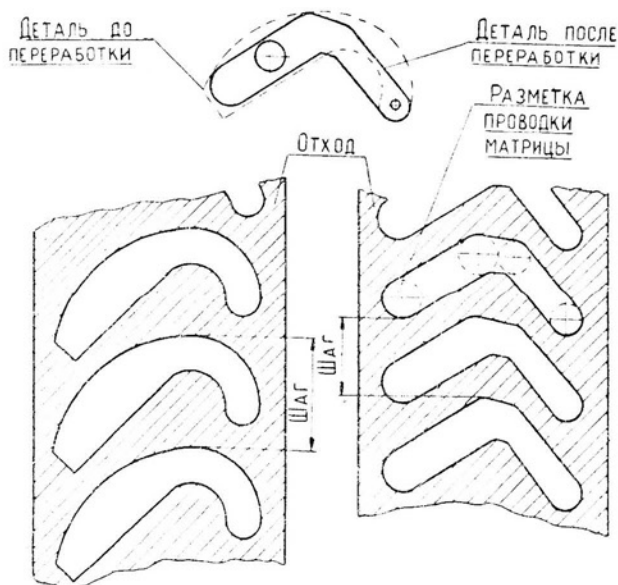


Рис. 20.

Из чертежа детали (рис. 20) ясно, что конструктор произвольно, не особенно задумываясь над путями изготовления инструмента, создал округленные, «мягкие» контуры детали. Он не учел, что для изготовления мат-

рицы и пуансонов штампа с профилем, имеющим плавные сопряжения различных кривых, потребуются лекальная работа и сложный труд слесаря, а раскрой вырубки детали в ленте тонколистовой латуни (рис. 20, слева) будет исключительно невыгодным. Поскольку деталь проста для штампования и имеет только одну операцию — вырубку, технолог не обратил внимания ни на большой отход, ни на сложность изготовления штампа. Деталь вместе со всем узлом была утверждена, и несколько лет производство несло на первый взгляд незаметные, а в действительности ощутимые убытки.

Переработка контура детали облегчила изготовление штампа. Теперь производится координатная проводка четырех отверстий с последующей простой слесарной обработкой. Новая форма детали позволила создать более выгодный раскрой ленты (рис. 20, справа). Экономия тонколистовой латуни составила 26%.

ЛЕПЕСТОК (рис. 21) — переходная деталь в механическом соединении выводного проводника катушки с

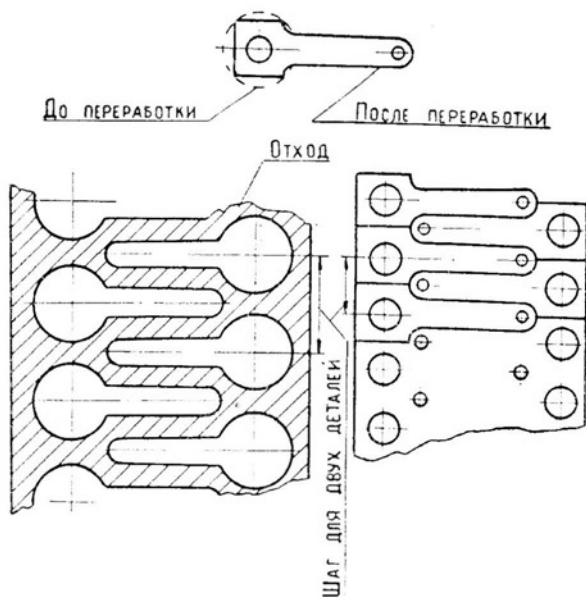


Рис. 21.

жестким контактом на корпусе. Форма ее не играет роли в работе конструкции. Изменение формы лепестка позволяет свести почти на нет потери цветного тонколистового материала.

КОНТАКТНОЕ КОЛЬЦО. Круглая форма кольца 3 (см. рис. 18) выбрана для быстрой и удобной замены капсюля в микротелефоне и установки его без какого-либо ориентира. Толщина кольца обеспечивает необходимую жесткость конструкции.

При обработке детали вопрос о жесткости кольца решился по-новому. Сплошная металлическая конструкция заменена коробчатой. Расход металла сократился более чем на 60%.

КОНТАКТ. При анализе целесообразности данной конструкции контакта 4 (см. рис. 18) исходными явились три момента: во-первых, контакт при установке капсюля в микротелефон одной точкой должен касаться плоской контактной пружины; во-вторых, он должен быть латунным; в-третьих, к нему необходимо надежно прикрепить паяльный лепесток.

При переработке следовало сохранить материал, высоту контакта (от корпуса) и найти способ крепления лепестка к контакту.

Специальный контактный винт, гайка и шайба были заменены одной латунной заклепкой, или, точнее говоря, заготовкой накатного винта, какие в больших количествах используются в нашем производстве. В результате сократилась номенклатура деталей, уменьшился расход цветного металла, снизилась трудоемкость. Для изготовления заклепок был применен инструмент, широко используемый в производстве.

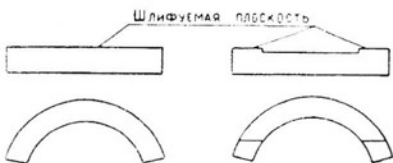


Рис. 22.

МАГНИТ. Для плотного прилегания магнита к сердечникам его нижняя плоскость шлифуется. Чтобы сократить площадь шлифования, не-

сколько изменена форма магнита (рис. 22, справа). Теперь шлифуются только незначительные площадки. Вся остальная поверхность не нуждается в обработке.

КАТУШКА оклеивалась этикеткой с данными обмотки. Капсюль является неразборным узлом, и, следовательно, замена обмотки может произойти в исключительно редких случаях, поэтому нанесение яркой краской данных обмотки необязательно. От типографской наклей-

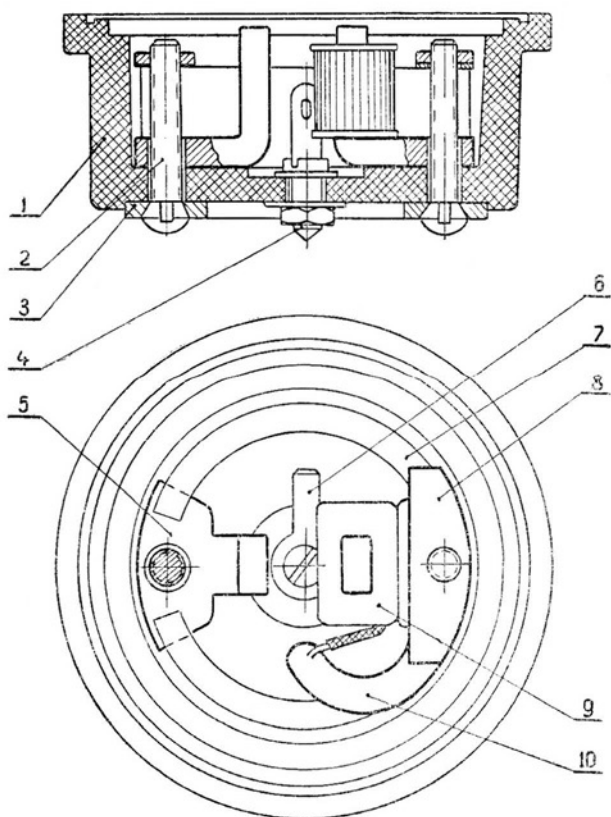


Рис. 23.

ки мы отказались, заменив ее гравировкой, и данные обмотки стали оформлять в момент прессования, то есть без каких-либо дополнительных затрат.

На рис. 23 показана сборка капсюльного телефона с переработанными деталями. Из сравнения рис. 18 (узел

до переработки) и рис. 23 (после переработки) видно, что принципиальных изменений в конструкции узла нет. Качество деталей и всего капсюльного телефона полностью сохранено.

Штампование

Холодное штампование деталей является одним из широко распространенных передовых методов производства. Однако при всех своих положительных качествах оно имеет и недостатки. Одним из них является большой (35—60%) отход материала. Другой недостаток — трудоемкость изготовления инструмента (штампов). Но отрицательное влияние их может быть резко снижено за счет применения в работе с деталью метода конструктивно-технологической обработки.

Если, как мы уже указывали, внедрение безотходного штампования зависит в основном от точности инструмента, то подготовка базы для внедрения безотходного штампования — дело чисто конструкторское.

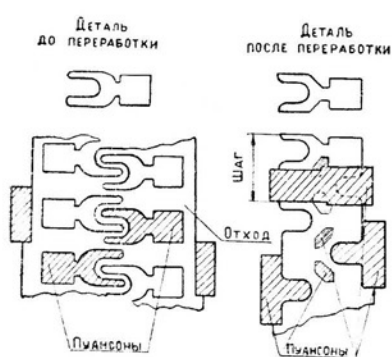


Рис. 24.

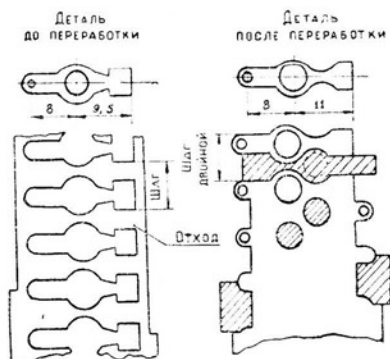


Рис. 25.

Из рис. 5, 21, 24, 25, 26 видно, что изменение очень незначительных вспомогательных элементов и отсутствие требования точности позволяют технологам активно работать над сокращением расхода металла, дают

ям широкий творческий простор в области внедрения экономичных методов изготовления деталей.

Характерно, что переработка конфигурации обычных 68 деталей аппаратуры связи, обеспечивающая безот-

ходные и малоотходные раскрои, позволяет сэкономить у 6 деталей — до 10% материала, у 12 деталей — от 10 до 20%, у 12 деталей — от 20 до 30%, у 5 деталей — от 30 до 40%, у 7 деталей — от 40 до 50%, у 16 деталей — от 50 до 60% материала.

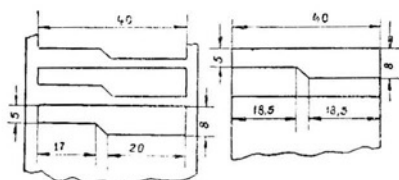


Рис. 26.

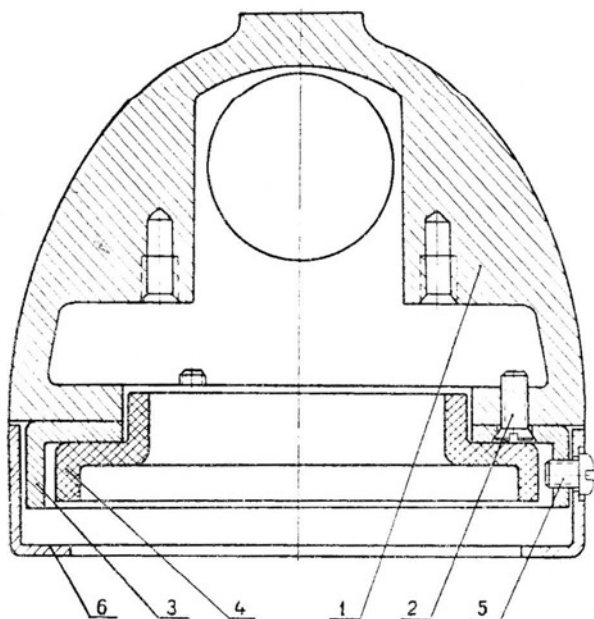


Рис. 27.

И еще небольшой своеобразный пример.

На рис. 27 изображена головка микрофона. Конструктивное оформление головки следующее: на круглое

основание рукоятки 1 тремя винтами 2 крепится металлическое штампованное крепежное кольцо 3. Внутри этого кольца вкладывается изолятор 4, снаружи надевается и крепится на винты 5 облицовочное кольцо 6.

Каждое из двух колец имеет определенное назначение. Наружное удерживает микротелефонный капсюль и является облицовочным. Оно крепится винтами с мелкой

резьбой и часто снимается в условиях эксплуатации. Внутреннее кольцо крепежное. Оно рассчитано на частый съем внешнего кольца, а следовательно, и на активную эксплуатацию резьбового соединения.

Основными рабочими элементами крепежного кольца (рис. 28) являются участки резьбовых и крепежных отверстий. Остальная масса кольца, указанная на рисунке пунктиром, для работы не нужна. Кольцо заменено тремя небольшими угольниками, форма которых позволяет изготавливать их с помощью самых про-

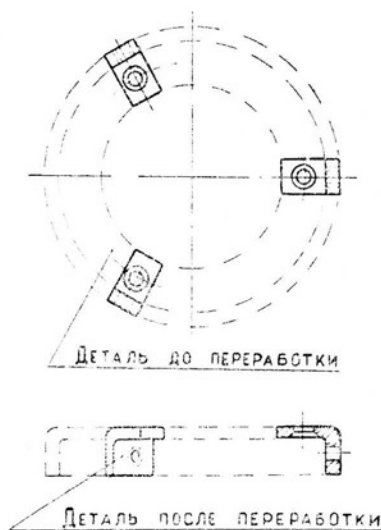


Рис. 28.

стых и экономичных безотходных штампов. Расход материала, идущего на изготовление кольца, сократился на 92%.

Упрощение изготовления инструмента

В примере с лепестком (см. рис. 20) мы отмечали, что обработка отдельных элементов конфигурации штампованных деталей снижает трудоемкость изготовления штампов. А вот еще один пример снижения трудоемко-

сти штампа за счет обработки только вспомогательных элементов.

Конструкция скобы блокировки номеронабирателя монетного телефонного аппарата создавалась одновременно с блокировочной системой, которую необходимо было установить на готовый и уже выпускавшийся номеронабиратель.

Рассмотрим процесс конструирования (рис. 29).

Перед конструктором стояла задача поставить работу храпового колеса 1 в зависимость от работы штифта 7, установленного на рычаге. Взаимодействие штифта и храповика следующее: когда упор находится в нижнем положении (проекция снизу), храповое колесо должно тормозиться, а при движении штифта вверх — освобождаться от торможения. Усилия штифта передаются через эластичное соединение, позволяющее регулировать работу узлов рычага и номеронабирателя независимо друг от друга.

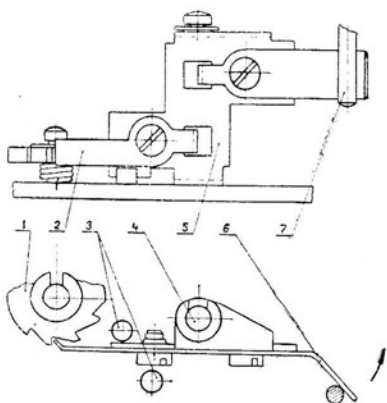


Рис. 29.

Конструктор поставил на основании номеронабирателя ось 4, установил на ней скобу 5; с одного конца скобы поставил мягкую эластичную пружину 6, с другого — укрепил износоустойчивую пружину 2. Чтобы давление пружины 2 на храповик было постоянным, на ось скобы надета спиральная пружина.

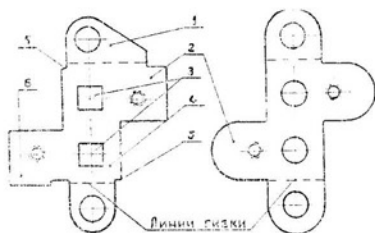


Рис. 30.

Теперь перейдем к конструкции самой скобы и по рис. 30 (слева), где она дана в развернутом виде, попытаемся проследить за работой конструктора.

Высота скобы (расстояние между линиями гибки) была обусловлена расстоянием между плоскостями, в которых работают храповик и штифт, и шириной пружин. Расстояние от линии гибки до оси скобы зависело от диаметра спиральной пружины, надетой на ось. Конструктор сделал деталь П-образной формы с выступами 1 для отверстий оси.

Для крепления и опоры пружин он сделал еще по одному выступу 2, а для винтов, крепящих пружины, — два отверстия с резьбой. Чтобы пружины во время работы не могли повернуться, для их хвостовиков были предусмотрены специальные отверстия 3.

Из чисто технологических соображений (хорошая стойкость пуансонов) отверстия были сделаны квадратными. Но перемычка в детали 4, расположенная между квадратным отверстием и краем скобы против выступа, оказалась мала. Конструктор увеличил ее, и в конфигурации скобы получилось еще два выступа 5. Ход скобы ограничился двумя упорами 3 (см. рис. 29), а у скобы на нижнем выступе появился специальный прилив 6.

Приблизительно так шел процесс создания детали. Конструктор учел особенности технологического процесса (усиление пуансонов для отверстий, гибка скобы не на переходах, а на равных плоскостях). Казалось бы, все сделано правильно. Создана работоспособная конструкция, технологи разработали штампы. Изделие со скобой было утверждено в данном конструктивном оформлении.

Однако анализ каждого из углов, конфигурации этой детали обнаружил полную технологическую необоснованность такой конструкции. Сложная конфигурация сделала изготовление штампа трудоемким процессом. При переработке была поставлена задача снизить трудоемкость до минимума. Исходя из этого, анализ вспомогательных элементов проводился с целью упрощения изготовления инструмента.

На рис. 30 (справа) показана развертка скобы новой конфигурации. Отработка происходила следующим образом: в первую очередь изменением радиуса, ограничивающего площадку, были ликвидированы два выступа 5. Для облегчения изготовления штампа края выступов 2 были закруглены. Полностью убрали выступ 6. Длина упоров 3 (см. рис. 28) оказалась вполне достаточ-

ной для того, чтобы скоба задерживалась ими. Два квадратных отверстия 3 заменены круглыми. Получилась деталь исключительно простой формы.

За счет изменения только вспомогательных элементов с полным сохранением всех основных (рис. 30, справа) обеспечивается возможность на одну треть снизить себестоимость штампа и сократить время его изготовления.

Простота детали, легкость ее анализа и обработки показывают, что ни конструктор, ни технолог, готовивший деталь к производству, ни руководители, утверждавшие чертежи, не подвергли ее серьезной критике; глубокого подробного анализа экономичности ее сделано не было.

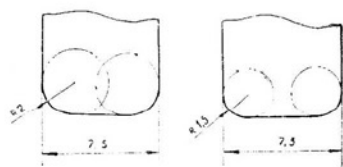


Рис. 31.

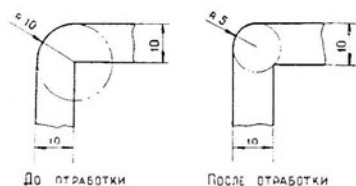


Рис. 32.

На рис. 31 показаны два варианта оформления углов обычной штампованной детали. Предположим, конструктор оформляет простую штампованную планку. Возьмем ширину планки 7,5 мм, а радиус округления угла — 2 мм. Вот так, при заданной ширине, не задумываясь, проставляют обычно конструкторы радиусы округления деталей. В данном случае при ширине 7,5 мм размер радиуса 2 мм — это недоработка: два диаметра по 4 мм не вписываются в размер 7,5 мм и, следовательно, очень затрудняют проводку матрицы штампа.

Проводка будет совершенно другой, если конструктор продумал и этот маленький элемент. При том же размере можно дать радиус 1,5 мм — и изготовление матрицы станет более легким и доброкачественным. Аналогичная недоработка, только более часто встречающаяся, приведена на рис. 32. Делая скобу простым движением циркуля, конструктор решает вопрос трудоемкости штампа. Если это действительно необходимо и если это основной

элемент, то таким он и должен быть. Но в большинстве случаев простановка радиуса, равного ширине детали,— это просто необдуманый шаг в создании детали. Именно такие элементы усложняют не только изготовление инструмента, но и разработку технической документации на него, составление паспорта проводки, различные расчеты.

Раскрой крупногабаритных листов

ЛИСТ ПЛАТФОРМЫ (рис. 33) изготавливается из целого куска листового материала. Тщательный анализ условий работы детали и рабочих нагрузок на нее привел к выводу, что радиус детали 625 мм является вспомогательным элементом и что деталь может быть не цельной, а сварной.



Рис. 33.

Конструктор создал новую деталь, изготавливаемую из трех отдельных частей и имеющую новую форму благодаря изменению радиуса. Переработка не повлияла на качество изделия, позволила сэкономить 45% материала и на 32% сократить затраты на резке листа. Введение сварки на общую экономию влияет незначительно.

СТУПИЦА ПЛАТФОРМЫ (рис. 34) — массивная литая деталь, к ребру которой с разных сторон привариваются стальные листы. Внутренняя часть ступицы рабочая.

Отработке был подвергнут один вспомогательный элемент — внешняя форма детали. За счет ее изменения

из конструкции была изъята большая масса металла, получившаяся от перепада диаметров ступицы.

После изменения расход металла уменьшился на 20 кг. Новый раскрой листовых деталей по-прежнему остался безотходным.

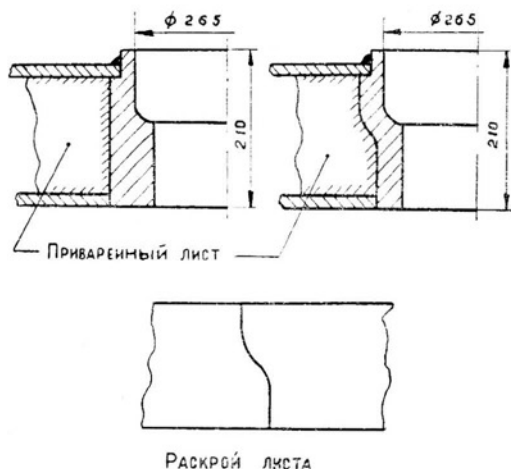


Рис. 34.

Сокращение веса литых деталей

Ранее (см. рис. 27) мы познакомились с обработкой крепежного кольца. Рассмотрим обработку самой рукоятки 1.

РУКОЯТКА (рис. 35) отливается в кокиль из алюминиевого сплава. Внутренняя полость оформляется корковым стержнем.

Изменение площадки опоры кольца 3 (см. рис. 27) произошло одновременно с обработкой кольца (см. рис. 28). Изменение площадок крепления платы позволило сократить вес рукоятки и привело к замене глухих резьбовых отверстий сквозными. Экономия силумина составила 21%.

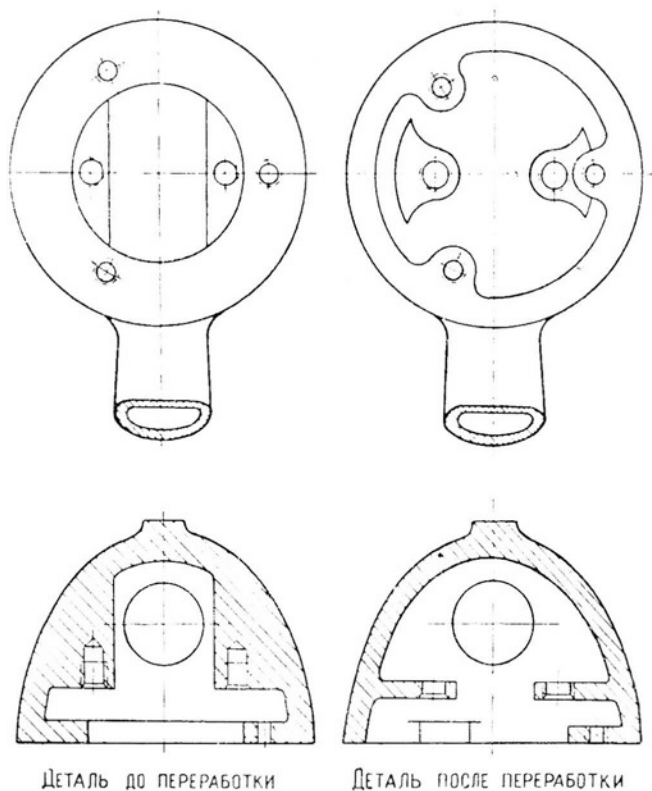


Рис. 35.

ОТРАБОТКА ЛИТОГО РУПОРА. На рис. 36 показан литой рупор ревуна постового телефонного аппарата. Конструкция рупора, показанная в левой части чертежа, и крышка к рупору, не отраженная в чертеже, скопированы с ранее выпускавшегося изделия и запущены в производство как вполне обеспечивающие технологию изготовления и эксплуатацию конструкции.

Деталь была подвергнута конструктивно-технологической отработке для уменьшения веса литья. Чтобы сохранить заменяемость всех механизмов, устанавливаемых внутри ревуна, и полностью сохранить его акустические качества, решено было не менять основные эле-

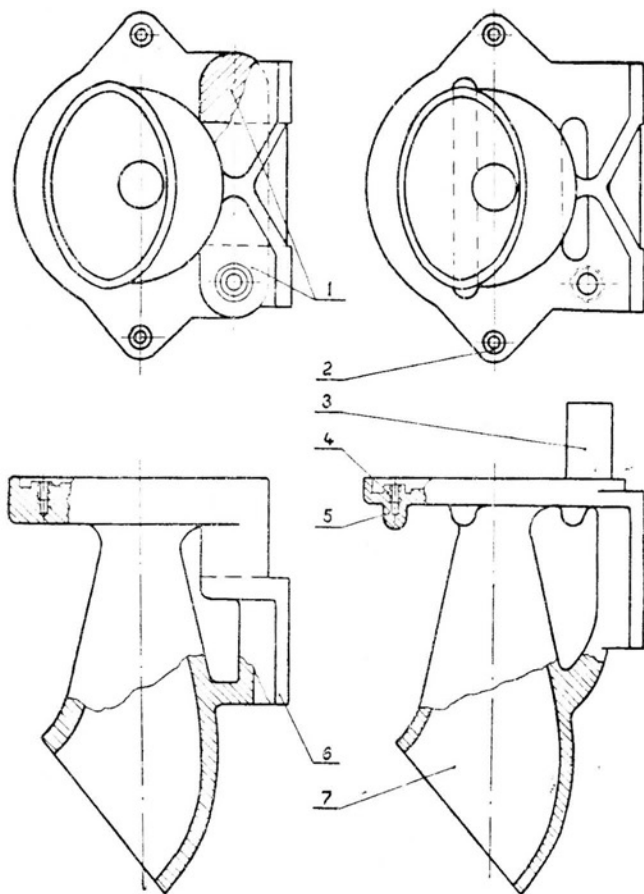


Рис. 36.

менты. К ним отнесены: весь профиль внутренней части и расположение пяти глухих резьбовых отверстий 4, внутренняя форма рупора 7, расстояния между центрами крепежных отверстий, оговоренные в технических условиях, расстояние и расположение отверстий 2 спаривания крышки и рупора, отверстие с резьбой под штуцер.

При отработке сразу же обратила на себя внимание массивная стенка, в которой нарезаны пять глухих резь-

бовых отверстий. Нетрудно было заметить, что такая толщина необходима только для того, чтобы резьбовые отверстия были глухими. Это основное требование при обработке обеспечено созданием специальных приливов 5, а толщина стенки значительно уменьшена.

Затем внимание привлекли два массивных выступа 1, в одном из которых было сделано отверстие с резьбой для штуцера. Перенеся штуцер внутрь корпуса и сделав для него специальный прилив 3, удалось убрать массивные внешние приливы.

Опорная площадка 6 была несколько передвинута без уменьшения площади опоры. Немного уменьшили толщину стенок самого рупора. Получился рупор, конструктивное оформление которого показано на правой проекции рис. 36.

Аналогично была переработана и крышка ревуна.

Так, рассматривая элемент за элементом, удалось почти на 30% уменьшить расход цветного металла, идущего на изготовление рупора и крышки.

Как и в любом другом, в литейном производстве снижение себестоимости дает не только обработка форм деталей или снижение их трудоемкости. К элементам конструкции относится также марка материала или состав сплава.

Критическое рассмотрение целесообразности применения указанного в чертеже материала, тщательный анализ эксплуатации изделия с точки зрения требований, предъявляемых к материалу, часто приводят к значительным результатам.

Так, анализ химического состава сплава, идущего для изготовления магнита динамического громкоговорителя, уточнение норм допустимого техническими условиями магнитного потока позволили изменить химический состав сплава и снизить вес магнита с 260 до 160 г.

Уменьшение размера магнита привело к уменьшению размеров фланцев. В результате сокращен годовой расход стали на 30 070 кг, никеля — на 5495 кг, алюминия — на 3565 кг и меди — на 930 кг. Общая годовая экономия составила при этом 21 000 рублей.

Кроме того, с уменьшением размера магнита уменьшился размер корпуса динамика, а это позволило упаковывать в каждый ящик больше продукции, чем прежде.

Отработка точеной детали

Цель анализа и переработки — максимальное упрощение и удешевление процесса изготовления оси.

На рис. 37 изображена сборка оси 1, закрепленной в основании 5, и свободно качающихся на ней рычага 3 и скобы 2. Начиная анализ, уточним конструктивные требования, предъявляемые к деталям узла — оси и рычагу.

Ось должна быть прочно закреплена в литом основании и достаточно прочна в сечении установки рычага.

Конструкция оси и рычага должна исключать перекосы, а конструкция всего узла — обеспечивать указанный чертежом минимальный продольный люфт, необходимый только для вращения рычага. Шейка оси, на которой качается рычаг, должна иметь поверхность скольжения.

Исходя из этих требований, конструктор и создал узел, изображенный в собранном виде на рис. 37.

Конструктивное оформление первоначально разработанного узла следующее:

ось 1 ввертывается в основание. Чтобы вывернуть ее было удобно, на ней сделана специальная головка с фрезеровкой под ключ. Для жесткой установки оси на мягком силуминовом основании и для уменьшения трения рычага при его качании на основание под ось положена шайба 4;

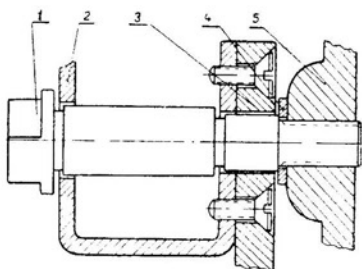


Рис. 37.

диаметр малой шейки оси рассчитан и вполне обеспечивает прочность конструкции;

для устранения перекосов использована скоба 2, необходимая также и для работы изделия. Скоба наглухо крепится к рычагу 3. Имея П-образную форму и дважды

опираясь на ось, скоба устраняет возможность перекосов рычага;

величина продольного люфта скобы и рычага должна быть незначительной. Для этого ось имеет ступень, образованную различными диаметрами. Сумма размеров и допусков наглухо соединенных скобы и рычага и длина шейки оси обеспечивают величину зазора, необходимую для правильной работы рычага;

обе цилиндрические части оси соосны и имеют хорошую поверхность скольжения. Технолог, рассматривая процесс обработки, дополнил ось центровочными отверстиями и канавками, необходимыми для шлифования рабочих поверхностей.

На основании конструктивных требований и принципов работы узла в группу основных элементов отнесен элемент крепления оси к основанию. Остальные элементы можно отнести к вспомогательным.

Теперь проследим, как происходит анализ и переработка каждого элемента детали. На рис. 38, а изображена первоначальная конструкция оси. Переработка

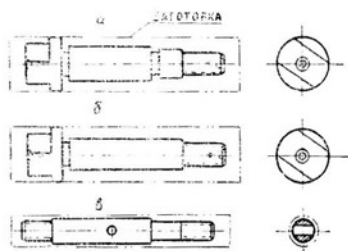


Рис. 38.

была начата с оценки двухступенчатости рабочей части оси, так как при изготовлении детали это было отрицательным явлением: вызывало два лишних перехода (проточку на большой диаметр и проточку канавок для шлифования). Двухступенчатость вынуждала

шлифовать большой и малый диаметры оси, а для скобы требовался специальный инструмент — двухступенчатая развертка.

С чисто конструкторской точки зрения двухступенчатость правильно решает вопрос обеспечения минимального люфта.

Рассмотрим подход конструктора к созданию узла. При первоначальном конструировании конструктор пришел к выводу, что для люфта нельзя брать такие размеры, которые являются простой суммой длины рычага, согнутой скобы и всей длины оси. Расхождение в сумме

допусков (толщина материала, из которого согнуты скоба и гибка) слишком велико, и продольный люфт вышел бы за пределы, определяемые конструктивными требованиями. Поэтому конструктор решил ограничить люфт, не затрагивая скобы и колебаний ее размеров при гибке. Он сделал на оси ступень, ограничивающую продольное смещение рычага, размеры которого и одной из стенок скобы колеблются незначительно и укладываются в необходимые пределы люфта. На этом он закончил работу.

Экономический анализ убеждает, что такой ограничитель люфта, как двухступенчатость, обходится слишком дорого. Уберем двухступенчатость, а регулировку люфта при широких допусках решим селективной сборкой путем индивидуального подбора шайб разной толщины. Стоимость узла будет ниже, а конструкция — проще.

В результате мы получили новую, упрощенную конструкцию детали. На рис. 38, б показана ось после устранения элемента двухступенчатости. Попутно убраны: проточка второй ступени, проточка второй канавки и шлифование второй ступени. Стала ненужной и двухступенчатая развертка собранных скоб и рычага.

Установка регулировочной шайбы вызвала дополнительные, но значительно меньшие, чем общая экономия, расходы, связанные с изготовлением шайбы. Шайба установлена подборная, массового производства, не требующая специального инструмента.

У полученной конструкции невольно бросается в глаза еще один вспомогательный элемент, не играющий роли в работе (рис. 38, б), — головка оси, вынудившая делать проточку почти по всей ее длине. Из-за этого для шлифования приходилось центровать ось с двух сторон и делать специальную канавку. Следовало заменить головку, чтобы устранить излишний расход металла и излишние операции.

Головка оси была убрана, а ограничителем люфта и опорой стала шайба, закрепленная штампованными гайками б, как показано на рис. 39. Ось получила простейшее конструктивное оформление (рис. 38, в), и процесс изготовления ее стал максимально прост.

Переработка головки оси позволила исключить из технологического процесса двухстороннюю зацентровку детали, проточку по всей длине, проточку канавки и фре-

зерование под ключ. Уменьшился расход металла, упростилось шлифование. По чисто конструкторским и эксплуатационным соображениям резьба с основания снята и крепление оси к основанию переведено на затяжку гайками.

Посмотрим теперь, как повлияла переработка детали на конструкцию и работу всего узла. Новое конструктивное оформление узла (рис. 39) характеризуется следующим.

Как и раньше, ось 1 крепится к основанию. Резьба ее достаточно прочна. Для удержания оси от проворачивания при креплении к основанию в ней сделано отверстие. Как и раньше, для жесткой установки оси на мягком силиновом основании и для уменьшения трения рычага при качании под ось положена шайба 4. Рабочий диаметр оси не уменьшился, и прочность его достаточно велика.

Скоба 2 и рычаг 3 не изменены: как и прежде, они устраняют возможность продольных перекосов.

Для обеспечения небольшого люфта рычага вдоль оси в случае надобности при сборке устанавливается специальная регулировочная шайба 7. Она выбирает излишний, вредный для работы конструкции люфт.

Рабочая часть оси имеет поверхность скольжения.

Сравнение первоначального и конечного конструктивного оформления узла доказывает, что качество его работы сохранено полностью.

На изготовлении одного комплекта деталей узла сэкономлено 68,2% металла. Более чем в два с половиной раза сокращено время изготовления нового комплекта деталей: оси, гаек, шайб.

Специальное приспособление для фрезерования под ключ заменено более простым — кондуктором. Дисковые фрезы заменены дешевым инструментом — сверлом, а фрезерный круглошлифовальный станок — сверлильным и бесцентровошлифовальным. Специальные канавочные

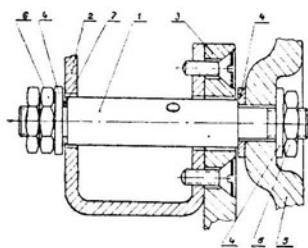


Рис. 39.

резцы ликвидированы. Значительно упрощены операции обработки деталей.

В созданной после переработки детали каждый элемент прост, дешев и обеспечивает доброкачественную работу изделия.

Выбор заготовки

Конструктор создал деталь — ролик качения (рис. 40), удовлетворяющий всем требованиям. Он допустил всего лишь одну недоработку: при постановке наружного диаметра детали не поинтересовался градацией размеров, указанной в госте. Размер наружного диаметра взял округленный — 120 мм.

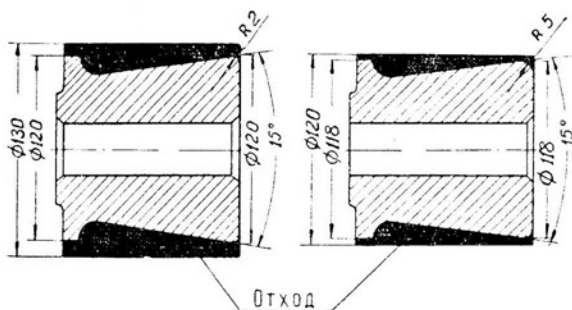


Рис. 40.

Технолог, понимая, что из заготовки размером 120 мм нельзя сделать деталь такого же диаметра, имеющую к тому же допуск как на эксцентриситет отверстия, так и на диаметр, взял размер заготовки из следующей ступени госта, то есть 130 мм. Разница в диаметрах заготовки и детали — 10 мм. Это металл, идущий в стружку.

При поэлементной отработке без ущерба для работы изделия диаметр буртика и основания конуса был уменьшен со 120 до 118 мм. Наклон конуса и размер его у буртика, основного элемента, изменять было нельзя. Но имелась возможность понизить основание конуса, заменив радиус 2 мм радиусом 5 мм. Эти изменения позво-

лили применить для изготовления ролика заготовку диаметром 120 мм. Ее вес уменьшился на 2,7 кг. При дальнейшей обработке изъятие из чертежа фаски размером $2 \times 45^\circ$ позволило устранить одну самостоятельную операцию, которая требовала индивидуальной установки детали на станке. Деталь стала обрабатываться не за две, а за одну установку.

Доделочные операции

Речь пойдет о том, чего нет в чертежах, но что тяжким бременем ложится на трудоемкость детали.

Болт крепления диска номеронабирателя (рис. 41) фактически состоит из двух деталей: соединенных водино болта и пластмассовой головки. В процессе изго-

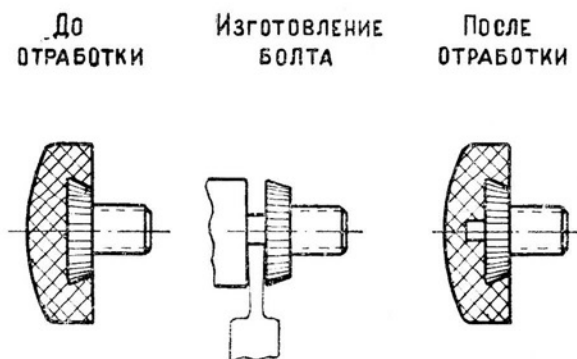


Рис. 41.

товления болт опрессовывается пластмассой, и эти детали никогда не работают врозь. А в процессе производства болт рассматривается как деталь, и поэтому к нему предъявляются общие, привычные для всех деталей требования: и качество нарезки, и соответствие размеров, и чистота поверхности головки, и обязательное отсутствие каких-либо технологических недоделок. На чистоте

поверхности головки небольшого и, как видно из чертежа, не играющего особой роли элемента и следует остановиться.

В примечании к чертежу было указано общее требование к чистоте поверхности. Станок не дает такой чистоты, и на торце болта при автоматной обработке остается перемычка, длина которой зависит от ширины резца, а диаметр — от ряда факторов резания, настройки и от материала.

Избежать наличия перемычки можно двумя путями: отрезкой болта резцом, имеющим скошенную в сторону головки режущую грань, и введением дополнительной операции подрезки.

Но в первом случае мы снижаем стойкость резца, во втором происходит явное увеличение трудоемкости. Любой из этих вариантов приводит к удорожанию детали; и если технолог идет по простейшему пути, то он вводит операцию зачистки торца болта на наждаке поштучно и вручную. Общая трудоемкость детали, а тем паче доля ручного труда, возрастает: конструктор, возможно даже при грамотной консультации технолога, не указал в примечании, что на торце головки болта допустимо наличие перемычки. Она никакой роли не играет, а введение в чертеж примечания о допустимости перемычки снизило ручной труд на 252 часа в год.

Работа с деталями из пластмассы

Детали этого узла обрабатывались для сокращения расхода пластмассы, облегчения изготовления прессформ.

Конструктивное оформление узла (рис. 42) таково. В цилиндрические отверстия корпуса 1 и вкладыша 2 устанавливаются точеные штепсельные гнезда 3. На них под нижний буртик надеваются контактные кольца 4 жил шнура, а сверху — пружинные шайбы. Притягиваемый винтом 5 и гайкой 6 вкладыш плотно прижимает шайбы к кольцам и штепсельным гнездам, обеспечивая между ними надежный контакт.

Одновременно вкладываем передним выступом закрываем выемку, в которую входит шнур, и тем самым не даем шарик 7 шнура выйти наружу, закрепляя его в колодке.

В первоначальной конструкции (до переработки) масса корпуса заполняла почти все пространство внутри колодки, за исключением объема, необходимого для монтажа штепсельных гнезд и шнура. Внутренняя часть корпуса оформлялась пуансоном сложного профиля (рис. 43, слева).

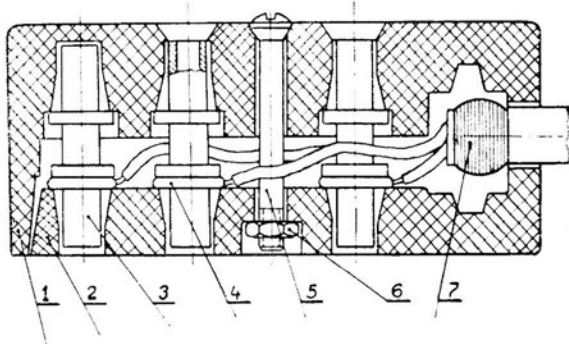


Рис. 42.

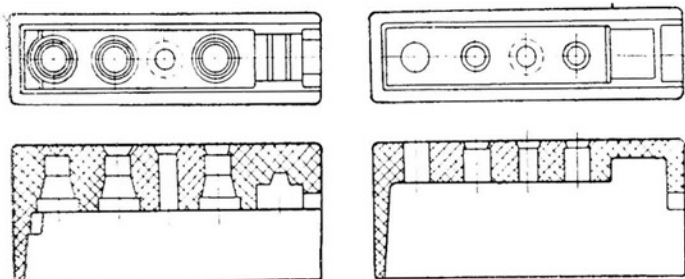
Анализу был подвергнут каждый элемент, от которого зависели сложность прессформы, расход пресспорошка, и (в основном) элементы внутренней части корпуса, то есть то, что в данном случае не влияет на работу других узлов изделия.

Внешняя форма, габариты, расстояние между центрами штепсельных гнезд, как обеспечивающие взаимозаменяемость, переработке не подвергались.

Отверстиям под штепсельные гнезда конструктор придал уступообразную форму (рис. 43, слева). Решение было принято правильное, если учесть необходимость прессования отверстия малого диаметра. Но возникает вопрос, для чего нужны такая толщина, заполнение внутренней части корпуса массой материала и сложный внутренний профиль?

Как видно из конструкции, каждая втулка вставляется в трехступенчатое отверстие в корпусе и в двухступен-

КОРПУС



ВКЛАДЫШ

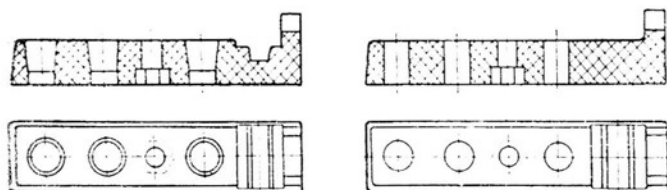


Рис. 43.

чатое во вкладыше. Конструктивной необходимости в ступенчатых отверстиях не было, была только технологическая необходимость, вызванная большой толщиной детали.

Эти элементы были переработаны (рис. 43, справа). Уменьшение верхней части корпуса позволило отказаться от многоступенчатости отверстий или, вернее, многоступенчатости пуансонов прессформы.

Следующий элемент, на который было обращено внимание, — гнездо для шарика шнура в корпусе и вкладыше.

На рис. 43 видна усложненная форма гнезд для шарика, а из рис. 42 ясно, что для правильного расположения шарика форма этих гнезд не играет никакой роли. Профиль впадины, рассматриваемый как вспомогательный элемент, был переработан: упростили его форму и одновременно уменьшили сечение верхней стенки.

Для вкладыша переработка этого элемента имела гораздо большее значение, чем для корпуса. Уменьшение сечения детали в этой части, допущенное в конструкции до ее переработки, отрицательно влияло на процесс изготовления. При извлечении детали из формы были случаи, когда выступ у края обламывался именно в этом сечении. После определения значения этого элемента впадину убрали, деталь пошла без брака, стала более технологичной.

Был изменен выступ — еще один вспомогательный элемент внутренней части корпуса. Выступ, вернее утолщение задней стенки корпуса (см. рис. 43), служил как бы для того, чтобы вкладыш не проваливался. Однако, как показал анализ, необходимости в нем нет.

По конструкции узла контактные кольца должны быть плотно прижаты к буртикам штепсельных гнезд, а так как в узле отсутствуют другие прижимающие их детали, прижать их может только вкладыш.

Обратим внимание на момент установки вкладыша в корпус и его работу. Если вкладыш при установке в корпус упрется в выступ, то он не затянет контактные шайбы. Если же он затянет шайбы, то не упрется в выступ. Значит, при конструкции контакта с пружинными шайбами выступ либо никогда не будет работать, либо даст неплотный, ненадежный контакт. Поэтому выступ был убран как элемент конструктивно совершенно необоснованный.

На этом переработка корпуса и вкладыша была закончена. В результате сэкономили 19% материала, увеличили производительность труда, ликвидировали брак из-за излома вкладыша, значительно упростили инструмент.

На рис. 44 изображена штепсельная колодка после ее переработки. Взаимозаменяемость и взаимодействие колодки с другими деталями и узлами полностью сохранены. Таким образом, постановка важности элемента под сомнение, тщательный анализ необходимости наличия его в конструкции снова привели к положительным результатам.

Можно привести немало примеров. На нашем заводе провели анализ и переработку монтажного кабеля обычного телефонного аппарата и на 500 000 м сократили годовой расход провода. Проанализировали необходи-

мость дополнительной расцветки жил шнуров, устранили ее и получили 2849 руб. экономии. Провели анализ правильности назначения каждого из конструкторских

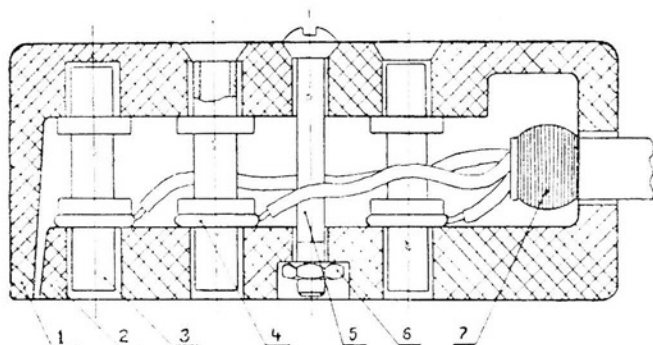


Рис. 44.

документов — и из 17 типов документов осталось 7. В несколько раз упростилась корректировка, повысилось качество документации, было сэкономлено немало рабочего времени инженерно-технических работников.

Все это наглядно показывает, что область применения поэлементного анализа исключительно широка.

Надо подчеркнуть и то, что для приведенных в брошюре примеров не были отобраны особенно неудачные конструкции. Взяты лишь детали текущих производств, созданные конструкторами различных заводов и бюро научно-исследовательских институтов.

Это говорит о необходимости использования огромного резерва экономии с помощью метода экономического анализа и поэлементной отработки конструктивных решений.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Совершенство под сомнением	3
Конструктор или технолог?	5
Этапы поиска	8
Неизбежны ли ошибки?	11
Беспристрастный критик	15
Отрабатывается деталь	18
Казалось, что сделано все...	25
Покоряется и изделие	35
Метод и стиль	46
Приложение. Примеры применения метода экономического анализа и поэлементной отработки конструктивного решения	52
Отработка вспомогательных элементов деталей капсюльного телефона	53
Штампование	60
Упрощение изготовления инструмента	62
Раскрой крупногабаритных листов	66
Сокращение веса литых деталей	67
Отработка точеной детали	71
Выбор заготовки	75
Доделочные операции	76
Работа с деталями из пластмассы	77

Ю р и й М и х а й л о в и ч С о б о л е в

КОНСТРУКТОР
ВЫБИРАЕТ
РЕШЕНИЕ

Редактор **Н. Н. Кузнецов**
Художник **А. И. Шишкин**
Художественный редактор **М. В. Тарасова**
Технический редактор **Л. К. Крамаренко**
Корректор **Л. К. Пономарева**

Подписано в печать 9.VIII.1967 г.
Формат тип. бум. № 2 $84 \times 108^{1/32}$. Бум. л. 1,3125, печ. л. 2,625,
усл. л. 4,41, уч.-изд. л. 3,951.
ЛБ02284 Тираж 3000 экз. Цена 20 коп.

Пермское книжное издательство.
Пермь, ул. Карла Маркса, 30.

Книжная типография № 2 управления по печати.
Пермь, Коммунистическая, 57.
Зак. 993.

20 коп.

