

## ЛЕКЦИЯ 9. КОНСТРУИРОВАНИЕ

До сих пор в этих лекциях мы занимались расчетом. Между тем, в деятельности инженера далеко не все сводится к расчету.

В настоящей и следующей лекции мы обсудим то, что важно в деятельности инженера, но не поддается расчету. И тут следует обсудить работу инженера, которую называют «КОНСТРУИРОВАНИЕ».

### 9.1. ОСОБЕННОСТИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОНСТРУКТОРА

Конструирование - разработка изделия - представляет собой творческий процесс реализации в чертежах определенной технической идеи. Современное конструирование стало возможно с созданием методов проекционного черчения, то есть с созданием методов начертательной геометрии. Появление и разработка этих методов связано с именем Гаспара Монжа, офицера наполеоновской армии. В чертежах оказывается возможным выявить в натуральную величину ( или в масштабе) форму каждой детали и взаимодействие деталей между собой. Дальнейшее усложнение правил черчения, появление в нем системы знаков и символов превратило черчение в своеобразный язык инженера.

Само по себе применение методов проекционного черчения не несет ничего творческого: черчение - это всего лишь инструмент. Содержательная сторона конструирования состоит в том, что этот инструмент используется для реализации технической идеи. Из смысла приведенного выше определения следует, что техническая идея обладает новизной, ибо зачем разрабатывать уже известную, реализованную конструкцию. Отметим также, что идея в настоящем контексте относится к улучшению искусственной среды обитания. Отсюда следует, что появление идеи является следствием анализа этой среды обитания; из этого анализа собственно, и появляется идея технического улучшения среды. Далее отметим, что пути реализации идеи и, особенно, последствия не всегда во всей полноте представляются конструктором. Состояние среды обитания после реализации идеи - это ее состояние в будущем. Значит, конструктор должен обладать способностью правильно представлять в своем воображении это будущее. Однако, конструктор, как правило, не располагает всей информацией, связанной с реализацией идеи. Особенно это относится к отдаленным последствиям реализации идеи.

Важная особенность работы конструктора заключается в том, что реализация идеи, как правило, касается многих, казалось бы несвязанных областей деятельности человека. Эти области деятельности представлены людьми, профессионально действующими, т.е. обладающими такими знаниями, которые не имеет, да и не может иметь конструктор., настолько они ( эти знания) специфичны и далеки от профессиональных знаний конструктора, который зачастую является по образованию инженером- механиком. Таким образом, конструктор в ходе реализации идеи работает в условиях неполной информации, он вынужден дополнять отсутствующую часть информации своей фантазией. Поэтому мы определили конструирование как творческий процесс. Проиллюстрируем сказанное несколькими примерами.

**ПРИМЕР 9.1.** В велосипеде привод ведущего колеса осуществляется цепной передачей от педалей. При движении велосипеда в гору, даже при незначительном угле подъема, усилия велосипедиста значительно возрастают; он не может длительно развивать требуемую возросшую мощность для преодоления подъема, поэтому вращение педалей под действием ног велосипедиста замедляется. Как следствие этого уменьшается скорость движения велосипеда и, в пределе, при уменьшении скорости до, примерно, 3 км. в час езда на двухколесном велосипеде становится неустойчивой и потому велосипедист вынужден слезть с велосипеда, пешком подниматься в гору и катить рядом свой велосипед. Поскольку пересеченная местность с частыми подъемами является достаточно типичной для многих географических мест, то

получается, что в этих местах применение велосипеда ограничено, велосипед здесь лишен своей универсальности и удобств. Таким образом, из анализа возможных областей применения велосипеда возникла идея расширения этих областей. С технической точки зрения эта идея сводится к созданию возможности (при неизменной мощности, развиваемой велосипедистом) увеличить при подъеме в гору вращающий момент на колесе велосипеда. Из технической литературы хорошо известно как решить эту задачу: надо соответственно изменить передаточное отношение цепной передачи. Это изменение надо вносить только при езде в гору; при езде по горизонтальному участку дороги необходимо вернуться к изначальному передаточному отношению. Далее, вновь назначаемых передаточных отношений должно быть несколько в зависимости от крутизны подъема в гору.

Таким образом, задача сводится к созданию переналаживаемой, точнее, переключаемой цепной передачи; иными словами - к созданию цепной коробки скоростей для велосипеда. Из технической литературы известны цепные коробки скоростей, так что и в этом отношении решение задачи не является новым. И сама по себе идея встройки цепной коробки скоростей в велосипед не является новой, поскольку известную коробку скоростей используют по ее прямому назначению.

Мировая практика велосипедостроения свидетельствует, что потребность в велосипедах с цепной коробкой скоростей очень велика. В последние десятилетия практически все фирмы-изготовители велосипедов выпускают велосипеды с 5, 6 и даже с 18 скоростными коробками скоростей. Рынок таких велосипедов составляет многие десятки тысяч штук велосипедов в год. Это стало возможным только в результате того, что конструкция этих цепных коробок скоростей оказалась удачно встроеной в существующую конструкцию велосипеда, а именно:

- встройка цепной коробки скоростей не потребовала какой либо существенной переделки велосипеда: рама, колеса, управление - все осталось без изменений;

- управление цепной коробкой, т.е. переключение скоростей, выведено на руль и осуществляется простым передвижением рычажка;

- масса, которая добавилась к массе велосипеда в связи с заменой простой цепной передачи на цепную коробку скоростей, составляет около 1 кг., т.е. всего 7...8% от массы велосипеда; - цена велосипеда с цепной коробкой также возросла незначительно.

Каждое из перечисленных здесь свойств велосипеда с цепной коробкой реализовано благодаря кропотливой и весьма квалифицированной работе конструктора и технолога. Обилие мелких деталей в каждом узле потребовало независимой разработки каждого узла и последующей увязки конструкции узлов между собой.

Сделаем некоторые выводы из приведенного примера.

Идея появляется из реальных потребностей общества и никак не связана с новизной ее содержания.

Неопределенность, недостаточность информации в данном случае проявилась в априорном отсутствии данных о возможности создать цепную коробку, удовлетворяющую требованиям велосипеда. Конструктор в определенной мере интуитивно представил себе отдельные узлы и все устройство в целом. В этом состояла творческая часть работы.

Чтобы разработка стала рыночным продуктом потребовалось тесное объединение работы конструктора и технолога, т.е. даже в этом относительно простом случае конструктор в одиночку не может довести идею до реализации.

**ПРИМЕР 9.2.** Известно, что для того, чтобы двигатель внутреннего сгорания, например автомобильный двигатель, начал работать, т.е. начал преобразовывать энергию топлива в механическую энергию вращающегося вала, необходимо сообщить этому валу начальную скорость вращения. Эта операция называется заводкой или запуском двигателя. На начальных стадиях развития двигателей запуск осуществляли вручную: человек, обычно сам шофер, если это был двигатель автомобиля, специальной рукояткой интенсивно прокручивал вал двигателя и этого было достаточно, чтобы двигатель завелся. Не надо объяснять, что такая операция запуска была и неудобной, и не любому человеку посильной. Больше того, она была небезопасной: заведенный двигатель иногда увлекал рукоятку (несмотря на устройство, которое должно было исключить такой

захват) и она травмировала руку шофера. Естественно, возникла идея механизировать запуск двигателя. С технической точки зрения для запуска двигателя прежде всего необходимо было иметь автономный источник энергии. Первоначально в качестве такого источника энергии использовался сжатый воздух в специальных баллонах. Вскоре от этого отказались и начали использовать свинцовые аккумуляторные батареи. Кроме источника энергии ( в данном случае электрической энергии) необходимо было создать электродвигатель, систему управления и механическую часть, которая собственно и осуществляла запуск двигателя. Не останавливаясь на особенностях каждого узла системы запуска, отметим только, что механическая часть должна была иметь устройство для автоматического и мгновенного отключения системы запуска от двигателя в тот момент, когда двигатель завелся. Такое устройство было разработано на уровне изобретения и в этом состоит одно из принципиальных отличий предыдущего примера от излагаемого.

Конечно, разработка механической части на уровне изобретения потребовала от конструктора творческих усилий. Доводка этих устройств до надежной работы так же, как и в предыдущем примере, потребовала объединения усилий конструктора и технолога. Однако надо отметить, что разработка электродвигателя, системы управления и, главное, разработка и создание аккумуляторных батарей достаточной емкости выходит за пределы знаний конструктора машиностроителя. Эта часть работы потребовала привлечь электромеханика, химика и др. Известно, что производство автомобилей быстро росло и потому для оборудования каждого из них аккумуляторами потребовало создания специальной отрасли промышленности. Таким образом, достаточно простая первоначальная идея в ходе ее реализации потребовала участия большого числа различных специалистов вплоть до организации нового самостоятельного производства. Характерным здесь является возможность и необходимость расчленить решение всей задачи на ряд частных задач, которые решались независимо друг от друга.

Неопределенность и недостаточность информации на всех ступенях реализации этой разработки очевидна. Конструктор, да и не только конструктор, шаг за шагом, основываясь на собственный опыт и интуицию, решал встающие перед ним многообразные задачи.

**ПРИМЕР 9.3.** Развитие военной авиации привело к созданию самолета с реактивным двигателем, скорость которого в 2...3 раза больше, чем у самолета с поршневым двигателем. Естественно, что реактивный самолет представляет интерес не только для военных целей, но и для гражданских: для повышения скорости транспортирования грузов и пассажиров. Не останавливаясь на рассмотрении многочисленных инженерных задач, которые были решены в ходе создания самолета с реактивным двигателем, отметим только, что реактивный двигатель издает при работе шум, существенно больший, чем поршневой двигатель.

Аэродромы, оборудованные для обслуживания самолетов с поршневыми двигателями и расположенные вблизи городов и населенных пунктов, оказались непригодными для обслуживания самолетов с реактивными двигателями и главной ( если не единственной) причиной этого явился грохот реактивных двигателей; люди , живущие вблизи, лишились покоя.

Таким образом, применение и развитие реактивной авиации ,т.е. проблема чисто техническая, вступила в противоречие с проблемой социальной: надо было решить либо перенести аэродром дальше от жилья, либо жилье перенести подальше от аэродрома. Решение этой задачи уже находится вне компетенции инженеров; задача решается на уровне правительства города или ,еще выше, - парламента страны.

Приведенные примеры потребовались нам для того, чтобы показать, что современное конструирование не может замыкаться только внутри своих профессиональных проблем, имеется иерархия уровней проблем при решении чисто инженерных задач. При этом от уровня к уровню возрастает неопределенность и недостаточность информирования того, кто заинтересован в реализации технической идеи. Далек не всегда это сам конструктор; назовем его инвестором, чтобы подчеркнуть его основную роль: вкладывать деньги в реализацию идеи.

Работа конструктора, создание чертежей, осуществляется на самом низком уровне. На этом уровне неопределенность и недостаточная информированность касается таких вопросов как оценка несущей способности отдельных деталей, правильность их взаимодействия, надежность, долговечность и т.п.

Следующий уровень - это предприятие, завод, где реализуется идея. Здесь решаются в основном технологические и организационные вопросы. Многовариантность технологических приемов при изготовлении, связь их с располагаемым оборудованием, поиск оптимальных технологий и многое другое, что характеризует заводское производство - все это те дополнительные сведения, которые должны быть в распоряжении инвестора для принятия решения.

Не всегда реализация идеи может ограничиться этим вторым уровнем. Возможно необходим следующий, третий, уровень, назовем его межотраслевым, когда для реализации идеи требуется привлечь другие, немашиностроительные заводы. На этом уровне роль чертежа, разработки конструктора, сводится к минимуму, фигурируют только некоторые обобщенные параметры.

И наконец, четвертый уровень, когда для реализации идеи требуется решение городских властей или даже правительства. На этом уровне конструктор вместе со своими чертежами вовсе исчезает из рассмотрения. Все внимание сосредоточено на социальной значимости идеи, ее влияния в будущем на жизнь города или, еще шире, на жизнь всего общества.

Эта иерархия уровней дает достаточно ясную картину места конструктора во всей цепочке реализации проекта. Такая картина нужна нам для того, чтобы подчеркнуть, что хотя роль конструктора в принятии решений убывает по мере возрастания сложности и общественной значимости идеи, которую он разрабатывает, успех всего мероприятия с реализацией идеи во многом зависит от способности конструктора видеть, пусть не подробно, но в общих чертах, не только весь путь прохождения идеи до ее реализации, но и социальные последствия, ближайшее и отдаленное будущее. В этом состоит социально значимая роль труда конструктора в современном обществе.

В работе конструктора можно обнаружить несколько характерных особенностей. Наиболее общее представление дает анализ творческой составляющей работы конструктора. Затем большой практический интерес представляет рассмотрение профессиональных приемов, имеющих целью достижения некоторых общих для машиностроения результатов. Такими общими целями являются преемственность конструкции при создании новых поколений машин., пути экономии металла, обеспечение прочности и жесткости конструкции без специальных расчетов. Сюда же мы относим приемы конструирования, которые позволяют обеспечить надежность и долговечность изделий, а также их технологичность. Особенность этих профессиональных приемов заключается в том, что они не сопровождаются соответствующими расчетами, а отражают накопленный опыт конструирования машин. Донести этот опыт до начинающего конструктора - в этом мы видим одну из главных целей этой главы.

## 9.2 АНАЛИЗ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КОНСТРУКТОРА

Из всего разнообразия действий конструктора в ходе его работы наибольший интерес представляет анализ творческого процесса, иначе говоря, анализ мыслительной деятельности, предшествующей принятию решения. Этот анализ принято проводить исходя из трех точек зрения.

Во-первых, можно рассматривать принятие решения как результат заведомо непознаваемого процесса, как некое озарение, которое пришло к конструктору. Такой подход к исследованию творчества основан на представлении конструктора в виде „черного ящика,,.

Во-вторых, можно представить действия конструктора как логическую последовательность действий, полностью поддающуюся описанию. Этот подход основан на рассмотрении конструктора как „прозрачного ящика,,.

Наконец, в-третьих, в основу анализа деятельности конструктора можно положить его способность сопоставлять на каждой стадии цели и достигнутый результат и на основе этого

выбирать пути дальнейшей работы. Этот подход основан на рассмотрении конструктора как самоорганизующейся системы.

Естественно, что в чистом виде в конкретном проектировании ни один из этих подходов к анализу принятия решений не реализуется. В жизни мы имеем дело с неким синтезом этих подходов. Важно отметить, что результатом этого синтеза является практически применяемый метод работы конструктора.

### КОНСТРУКТОР КАК " ЧЕРНЫЙ ЯЩИК "

В этом подходе к анализу мыслительной деятельности конструктора нас не интересует, что происходит в голове конструктора, как он принимает решение. Нам очевидно, что конструктор располагает изначальной информацией - информацией на входе в систему, какой является голова конструктора. Это формулировка цели, ограничения, предыдущий опыт и др. На выходе системы мы имеем решения задачи, которым сам конструктор доверяет, хотя и не может объяснить, каким образом он пришел к этим решениям.

Психологи и медики обращают внимание на то, что неосознанность, необъяснимость поступков и решений человека является типичной: многие решения, действия принимаются человеком на уровне подсознания, как бы не отдавая себе отчета откуда они появились. Решающее значение в этом процессе имеет предыдущий опыт и то, что называется „гибкостью мышления,.. Эта весьма неопределенная категория в описании мыслительного процесса характеризует способность человека воспринимать неопределенность как нечто естественное и терпимо относиться к внутренним противоречиям, конфликтам и навязчивым идеям.

Одной из разновидностей представления конструктора как „черный ящик“, является метод решения задач конструирования, который называется „мозговая атака“. Этот метод заключается в том, что участники обсуждения проблемы свободно выдвигают свои предложения, а критика их запрещена. Эта ситуация равноценна тому, что на выходе „черного ящика“, устранены какие либо фильтры. В результате увеличивается количество выходных сигналов, хотя их качество может быть и неприемлемым. Практическая ценность мозговой атаки особенно проявляется на ранних стадиях конструирования, когда структура задачи еще не ясна. Информация, полученная в результате мозговой атаки, подлежит далее классификации и анализу.

**ПРИМЕР 9.4.** Группе строителей было предложено высказать свои идеи по совершенствованию строительного башенного крана. Присутствующим дали 10 минут на то, чтобы они записали свои идеи. Затем каждый по очереди зачитывал свои записи, а остальные слушали и записывали возникающие под влиянием услышанного мысли. В результате было получено 184 предложения, которые затем были классифицированы по следующим направлениям :

- изменение характеристики крана;
- применять другое подъемное оборудование;
- изменить условия эксплуатации крана;
- сочетать кран с другими устройствами.

После классификации предложений можно было приступить к отбору тех из них, которые представляют практическую ценность.

Разновидностью мозговой атаки является синектика - метод поиска решений, в котором предлагается сознательно подобрать специалистов в группу из 5...6 человек. ( Отметим, что в мозговой атаке на такой особый подбор участников специально не обращалось внимания.) Часть группы ( обычно 2...3 человека) рекомендуется приглашать со стороны и они должны быть специалистами разных профессий или научных дисциплин. Все члены группы должны обладать гибкостью мышления и иметь опыт работы в разных организациях.

Содержательным в деятельности такой группы является передача выходного сигнала системы с помощью обратной связи на ее вход таким образом, чтобы выходной сигнал прошел трансформацию с помощью особо подобранных аналогий. Центральное место в работе всей группы принадлежит этим аналогиям.

Аналогии должны быть понятны всем членам группы. Они могут быть прямыми, когда в поведении устройства, которое пытаются придумать, находят нечто подобное в поведении какого

либо животного. Например, при рытье подземного хода траектория движения рабочего органа устройства должна быть такой же, как движение лап крота при копании своего подземного хода. Аналогия может быть субъективной; это тогда, когда синектик (т.е. участник группы) совместил себя с деталью, работа которой ему не ясна. Аналогии могут быть символическими и фантастическими. Различные аналогии, понятные всем членам группы, позволяют четче формулировать решаемую проблему и шаг за шагом приближать ее решение. Внешне работа такой группы выглядит как непринужденная беседа, однако это не так, поскольку все члены группы прошли специальную подготовку в течение около года, т.е. они уже сработались и их мысли профессионально ориентированы на решение поставленной задачи.

Изложенные здесь методы мозговой атаки и синектики относятся к методам поиска новых идей в сложных ситуациях конструирования. Эти методы могут быть эффективны при ликвидации тупиковых ситуаций. При поиске новых идей оказывается полезным составление карт, в которых перечислены важные параметры конструируемого изделия, а возле каждого параметра записываются возможные частные пути его реализации. Из анализа такой карты можно найти решение, которое удовлетворяет всем требуемым параметрам.

### КОНСТРУКТОР КАК "ПРОЗРАЧНЫЙ ЯЩИК"

Как правило, при конструировании исходят из логических, а не мистических, предположений и потому процесс конструирования может быть объяснен до конца, поскольку конструктор всегда осознает свои действия и их причины. Логическое или систематическое поведение конструктора напоминает работу вычислительной машины: он пользуется той информацией, которая ему доступна, и действует по заданной схеме, проводя анализ, синтез, оценку и циклическое повторение действий до тех пор пока не найдет наилучшее из возможных решений.

Анализ включает в себя следующие этапы.

- Формулирование задачи. На этом этапе конструктор подвергает анализу постановку задачи, т.е. обоснованность требований заказчика, наличие ресурсов и т.п. Эта стадия работы сопровождается поиском литературы и анализ патентной чистоты задачи.
- Выявление визуальных несоответствий. Это возможно, если задача состоит в модернизации некоторого прототипа.
- Интервьюирование потребителей, анкетный опрос и исследование поведения потребителей.
- Выбор шкал измерения, системные испытания, накопление и анализ данных измерений.

ПРИМЕР 9.5. На рис. 9.1 изображен мотоцикл, который подлежит модернизации. При внимательном рассмотрении в мотоцикле были найдены следующие недостатки:

- ноги водителя находятся в непосредственной близости от движущихся и нагретых деталей;
- выхлопная труба может быть сокращена по длине, если иначе расположить цилиндр двигателя;
- высокое расположение сидения водителя;
- неудачна форма топливного бака, из-за чего между топливным баком и двигателем имеется незаполненное пространство.

Синтез - это этап конструирования, когда результаты анализа и представления о технических возможностях объединяются в решения. Важной составной частью синтеза является появление концептуальной схемы конструкции. Часто такая схема представляет собой преобразованную первоначально сложную схему задачи в простую путем принятия решения о том, чем можно пренебречь. На стадии синтеза задача расчленяется на части, которые можно разрабатывать отдельно, последовательно или параллельно. Это позволяет привлечь к решению задачи нескольких людей и таким образом сократить сроки проектирования. Большинство крупных проектов априорно поддаются расчленению. Однако можно привести примеры проектов, которые не поддаются расчленению. Такими являются, например, конструкции металлорежущих станков.

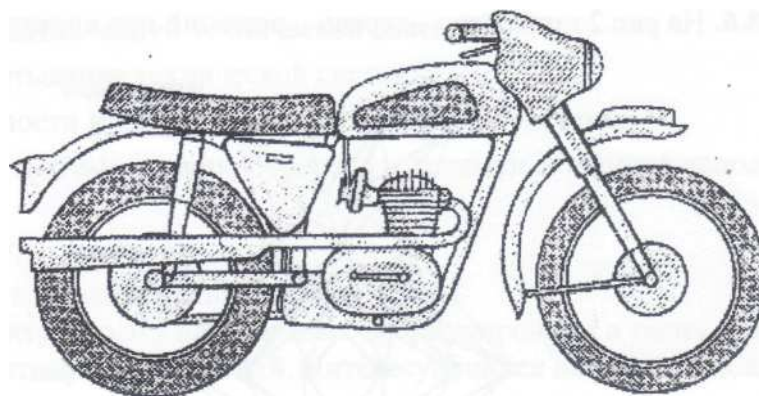


Рис. 9.1

Процесс конструирования характеризуется цикличностью и линейностью. Под цикличностью в данном случае понимается такая ситуация, когда какая-то часть общей задачи оказывается не решенной на некоторой промежуточной стадии. Затем при переходе к следующей стадии конструирования приходится вернуться к решению нерешенной части задачи. Цикличность замедляет и усложняет весь процесс проектирования. Линейность предполагает, что все проблемы можно обнаружить с самого начала конструирования и установить последовательность их решения. Логическая строгость синтеза проявляется в выявлении взаимодействия между частями задачи; эти части можно представить в виде сети и далее оценить совместимость комбинаций частей в общем решении задачи. Оценка результатов конструирования на отдельных его стадиях и решения о повторении циклов конструирования связаны с особенностями деятельности конструктора, которые выходят за рамки представления его как „ черного и прозрачного ящиков,,

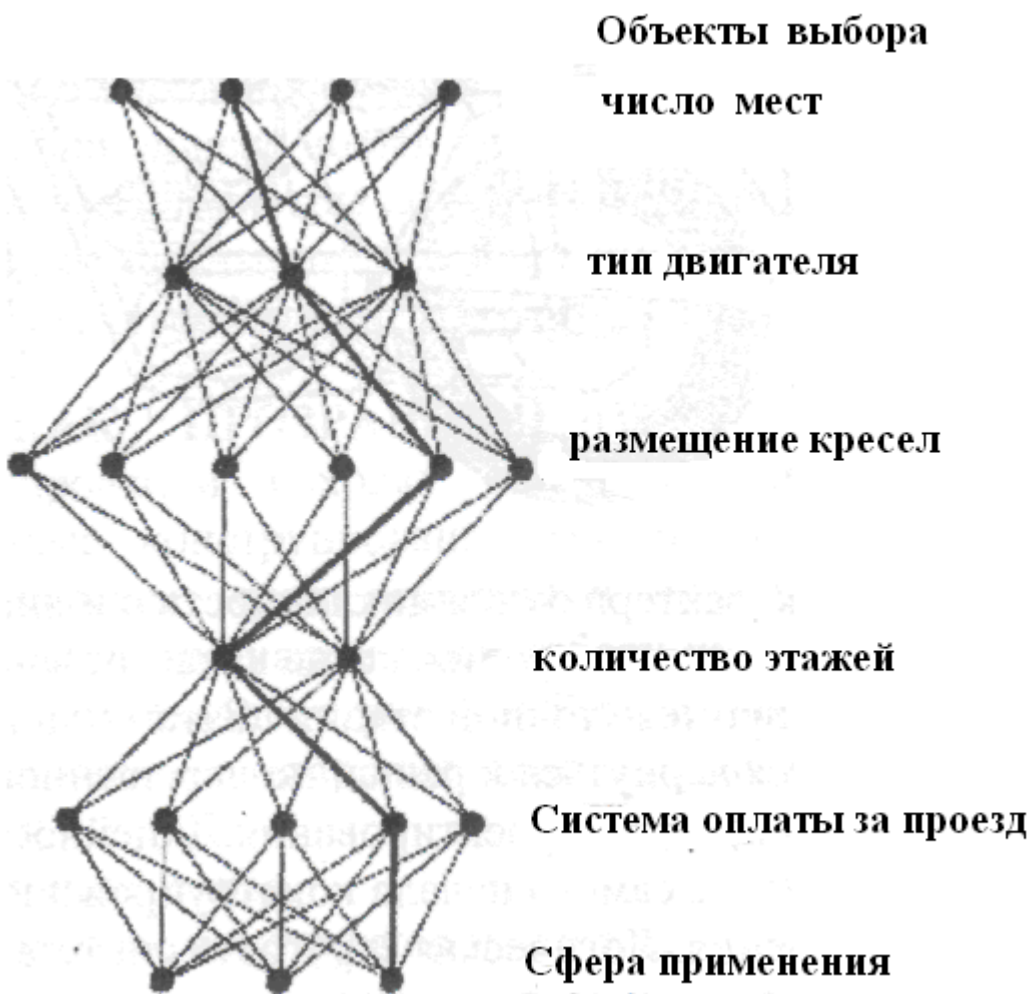
## КОНСТРУКТОР КАК САМООРГАНИЗУЮЩАЯСЯ СИСТЕМА

Суть деятельности конструктора как самоорганизующейся системы состоит в том, что конструктор вместо слепого перебора вариантов решения задачи, которые были получены в ходе его деятельности как „черного,, или „ прозрачного ящика,, оказывается способным выполнить осознанный поиск и таким образом найти короткий путь к принятию решения

Типичным примером самоорганизации, самоконтроля является метод сетевого планирования. Этот метод состоит в том, что каждая стадия, каждый возможный шаг в решении общей задачи перечислены и нанесены в виде реперных точек на лист бумаги. Эти точки далее соединяются отрезками прямых так, чтобы отражать логику и варианты решения задачи. Получается некий график, называемый сетью, позволяющий визуально представить возможные пути решения задачи и их сроки.

В методе сетевого планирования присутствуют принципиально разные подходы к конструированию. При составлении сети необходимо полно и логически строго описать все предполагаемые пути решения задачи. В этом состоит работа конструктора как „ прозрачного ящика,,. А вот выбор того или иного реального пути происходит на основе деятельности конструктора как самоорганизующейся системы.

ПРИМЕР 9.6. На рис. приведено „дерево ,, решений при конструировании автобуса.



Оно получено в результате анализа. Сначала конструктор должен определить те параметры автобуса, которые определяют его конструкцию. По каждому параметру ( число мест, тип двигателя и т.д.) имеется несколько вариантов выбора. Если сосчитать все возможные варианты, то их окажется 2160. Конструктор вместо того, чтобы проработать все 2160 вариантов конструкции автобуса выбрал вполне определенный путь решения.( на рис.этот путь показан более жирной линией)

Дальнейшее усовершенствование метода сетевого планирования состоит в том, чтобы каждому параметру присвоить „ веса,, т.е. цифры в соответствии с их относительной важностью. Этот процесс присвоения весов также относится к деятельности конструктора как самоорганизующейся системы. В дальнейшем эти веса могут быть использованы для определения суммарного веса того или иного варианта решения. Разновидностью метода присвоения весов является стоимостный анализ и поиск границ.

#### 9.4.МЕТОДЫ РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНЫХ ЗАДАЧ В СООТВЕТСТВИИ С ТРИЗ.

ТРИЗ - теория решения изобретательских задач - так назвал эту методику решения технических проблем ее создатель - Г.С. Альтшуллер в 1956 году . (Альтшуллер Г. С. .1926 – 1998 , родился в Ташкенте, жил в Баку. Посвятил разработке и распространению ТРИЗ всю свою жизнь. Литературное наследие Альтшуллера огромно (псевдоним Альтов). Книги его переведены практически на все распространенные языки мира. Сейчас началось массовое внедрение ТРИЗ в педагогику и другие области человеческой деятельности.)

Эта методика по своей сути близка к обсуждаемой в этом разделе природе творчества инженера. Поэтому мы не можем не остановиться на рассмотрении ТРИЗ. Мы здесь лишены возможности подробно изложить достаточно обширный аппарат ТРИЗ и потому вынуждены дать только основные



ее положения и сопроводить это изложение нашей оценкой предложенных методов. В основе ТРИЗ находятся два понятия.

Во-первых, это понятие технической системы и возможные направления ее развития. Технической системой названо устройство, обладающее хотя бы одной полезной функцией. Технические системы развиваются по объективным закономерностям; мы их назвали направлениями развития. Авторы ТРИЗ установили одиннадцать таких направлений:

- развитие технической системы по S-образной кривой; - полноты частей технической системы;
- сквозного прохода энергии;
- повышения степени идеальности технической системы;
- вытеснение человека из технической системы;
- неравномерность развития частей технической системы;
- свертывание - развертывание технической системы;
- повышение динамичности и управляемости технической системы;
- переход технической системы на микроуровень и преимущественное использование полей;
- переход в надсистему;
- согласование - рассогласование технической системы.

Сразу же нельзя не отметить, что эти направления сформулированы в таких терминах, которые требуют дополнительных пояснений. Интересующийся найдет эти пояснения в литературе по ТРИЗ.

Из перечисленных направлений развития технических систем обратимся к тем, которые оказались нам наиболее значимыми:

1. Повышение степени идеальности технической системы. Идеальной в настоящем контексте считается техническая система, параметры которой принимают некоторые предельно высокие полезные значения. Такими параметрами могут быть удельные показатели, число полезных свойств, переход системы из неуправляемой в управляемую или самоуправляемую.

2. Вытеснение человека из технической системы. Здесь имеется в виду замена человека автоматически действующими приставками к системе.

3. Повышение динамичности и управляемости технической системы. Признаками повышения динамичности является переход системы с постоянными параметрами к параметрам, изменяемым в функции режима работы, переход от автономного принципа работы системы к программному. Более совершенными являются системы, в которых: управление зависит от параметров внешней среды; управление происходит за счет обратной связи; управление происходит непрерывно и тем самым достигается динамическая устойчивость системы.

Мы расшифровали только три из одиннадцати направлений развития; они привлекли наше внимание тем, что в них наблюдаются дублирования идеи управляемости системы, как одного из признаков ее развития. В других направлениях развития также можно проследить нечеткость формулировок и дублирование признаков. Между тем, приведенные направления развития систем имеют определяющее значение и потому к их формулировке следует отнестись с особой тщательностью.

Инженерные задачи решаются применительно к совершенствованию технических систем. Таким образом, полученное решение задачи можно сопоставить с объективными направлениями развития системы и, если решение способствует развитию системы хотя бы в одном из этих направлений, то решение можно считать приемлемым. Поскольку решений задачи может быть несколько, а так же поскольку направлений развития систем также несколько, то вопрос о том, какое из полученных решений является оптимальным остается на этой стадии принятия решения открытым. Очевидно, следует применить методы функционально-стоимостного анализа для отыскания оптимального решения. Об этом ТРИЗ умалчивает

Во-вторых, в основе ТРИЗ находится понятие того, что совершенствование характеристик технической системы связано с преодолением противоречий. В ТРИЗе противоречия классифицируются.

Есть противоречие административное, которое соответствует ситуации, когда при решении инженерной задачи имеется несколько взаимосвязанных частных задач, из которых надо выбрать одну и решать ее в первую очередь. В чем здесь авторы ТРИЗ видят противоречие остается неясным. Нам представляется такая ситуация типичной на начальных стадиях решения практически всех задач. Решение о том, с чего начать вытекает из анализа задачи.

Есть техническое противоречие, суть которого сводится к тому, что при улучшении одного параметра ухудшается другой параметр.

Наконец, есть физическое противоречие, которое возникает тогда, когда система или ее часть должна обладать двумя или более противоречивыми свойствами.

В ходе решения инженерной задачи противоречия устраняются и в этом состоит прогрессивность решения, его изобретательский уровень. Авторы ТРИЗ утверждают, что не следует понимать устранения противоречий как некий компромисс между противоречивыми требованиями.

Следует признать, что понятие противоречия в ТРИЗе оказалось весьма плодотворным. Оно определило логическую последовательность решения инженерной задачи: сначала надо установить, в чем конкретно состоит противоречие и только после этого искать пути его устранения.

Все же следует сделать несколько замечаний.

Понятие противоречия при решении инженерных задач, направленность мысли инженера на преодоление, устранение противоречия, всегда присутствовали в явной или в подсознательной форме в деятельности инженера. Заслуга ТРИЗ заключается в том, что это понятие сделано ключевым во всей системе предложенных методов.

Далее, деление противоречий на технические и физические представляется нам неправомерным: в основе любого противоречия лежат либо механические явления, либо способность материала воспринимать действующую нагрузку, другие явления, которые изучаются в том или ином разделе физики. В основе противоречия могут быть и химические явления. Иначе говоря, все противоречия, так или иначе имеют в своей основе явления природы, которые описываются физикой или химией. Поэтому следует говорить о противоречии, а какая его природа будет ясно из дальнейшего анализа в ходе поиска решения задачи.

Нельзя согласиться с тем мнением авторов ТРИЗ, что устранение противоречия путем некоторого компромисса между противоречивыми требованиями, недопустимо. Опыт конструирования или, в более широком смысле, опыт решения инженерных задач свидетельствует, что поиск компромисса является типичным и часто достаточно эффективным методом нахождения приемлемого решения. Конечно, решение на основе компромисса, скорее всего, не сможет претендовать на изобретательский уровень, но ведь суть деятельности инженера не в том, чтобы делать изобретения, а в том, чтобы находить приемлемые решения технических задач.

Этапом в методике решения задач по ТРИЗу является определение уровня сложности задачи. Поскольку от уровня сложности задачи зависят рекомендуемые методы решения, то приходится совмещать определение уровня сложности задачи с самим поиском решения.

Предлагается начать с того, чтобы проанализировать саму постановку задачи. Это близко к тому, что характерно для поведения инженера, как „прозрачного ящика“, (см. выше). Далее можно сделать попытку синтеза, т.е. на основе анализа получить решение задачи. При этом можно применить методы мозговой атаки, синектики, сетевого планирования и другие близкие к ним. Эти методы известны и без ТРИЗ. Если не удастся получить удовлетворительного решения, то это означает, что задача относится к второму и, возможно, более высокому уровню сложности. (Напомним, что удовлетворительное решение должно соответствовать хотя бы одному из направлений развития технических систем.) При переходе к решению задач второго уровня используются результаты предыдущего анализа; особое

внимание при этом уделяется раскрытию содержания противоречия. При этом надо конкретно ответить на следующие вопросы:

Что желательно получить в идеальном решении ? Какова помеха (что мешает) получению идеального решения?

В чем заключается научное содержание помехи?

Что надо сделать, чтобы помеха исчезла?

Ответ на последний вопрос , возможно, приведет к решению задачи. Если нет, то рекомендуется использовать таблицу 1 „Типовые приемы устранения противоречий „ и таблицу 2 „Рекомендуемые приемы устранения противоречий,,.

Следует более подробно остановиться на этих таблицах. Они появились в результате анализа нескольких сотен тысяч (!) описаний изобретений. На основании этого анализа выявлено 40 приемов устранения противоречий при решении инженерных задач. В таблице 1 каждый прием иллюстрирован примером. Таблица 2 представляет собой матрицу 39\*39, в строчках и столбцах которой записаны наиболее распространенные параметры технических систем. Пересечение строчек и столбцов образует ячейку, в которой записаны номера типовых приемов устранения противоречий из таблицы 1.

Приемы устранения противоречий сформулированы в достаточно общем виде; это перечисление приемов не избавляет разработчика от необходимости думать, таблица 1 лишь направляет мысль по наиболее перспективному пути. Например, если в таблице 2 рекомендуется использовать прием 1 „дробление“, то это лишь означает, что решение как-то связано с разделением системы на части.

Полученное решение не обязательно оказывается удовлетворительным. Возможно, это является следствием того, что задача была сформулирована недостаточно четко и в ней скрываются еще одно или несколько противоречий, незамеченных первоначально. С другой стороны, несколько решений одной задачи может быть следствием формулировки противоречия в нескольких вариантах.

Задача, которая оказалась не решенной с помощью рассмотренных средств, относят к более высокому уровню. При решении задач третьего и выше уровней применяются специальные методы, изложение которых достаточно громоздко. В то же время оказывается, что около 80% инженерных задач, встречающихся на практике, относятся к первым двум уровням. Поэтому в изложении методов решения задач третьего и более высоких уровней мы ограничимся лишь краткими пояснениями, а интересующихся отсылаем к специальной литературе по ТРИЗ.

К числу этих специальных методов авторы ТРИЗ относят прежде всего так называемый вепольный анализ. Суть его состоит в том, что в сложной технической системе выделяют только ту пару взаимодействующих элементов системы, в которых действует противоречие. Эти два элемента находятся под силовым воздействием, которое названо полем. ( Отсюда название метода. Элементы - это „вещества“, которые взаимодействуют с полем. От соединения слогов этих двух слов и получается название метода: веполь.) Веполь является простейшей моделью системы и относительно просто изображается символическим графом, на котором буквами обозначены два элемента и поле, соединенные стрелками, указывающими направление их взаимодействия. Далее над веполем совершаются действия: достройка веполя, переход к другому веполю, разрушение веполя, выявления физического эффекта. Эти действия в виде стандартных правил либо содержат решение задачи, либо дают направление его поиска. Таких стандартных правил ТРИЗ насчитывает 76. Поскольку стандартных правил много, а из них надо выбрать одно или, может быть два, то разработан алгоритм использования стандартов. Оригинальность описанного метода мы видим не в том, что сложная система заменена ее моделью (такую операцию в явной или неявной форме инженер выполнял всегда), а в том, что разработаны действия с моделями (название,, веполь,, оставим без комментария), даны стандартные правила и составлен алгоритм для их использования.

В ходе решения задач этого уровня приходится прибегать к сведениям ( их в ТРИЗе называют „эффектами,“) из физики, химии и других фундаментальных наук. ТРИЗ приводит перечисление этих „эффектов,“ и рекомендации по их использованию. Здесь обращает на себя внимание тот факт, что в числе „эффектов,“ не упомянуты профессиональные навыки и приемы решения инженерных задач. По нашему мнению они представляют собой важную компоненту в числе методов решения инженерных задач. Представляется , что это упущение не случайно: в других местах книг о ТРИЗе мы встречаем утверждение о том ,что ТРИЗ ставит своей целью подготовить профессиональных изобретателей, т.е. людей, которые могут обеспечить прогресс техники в самых различных ее областях независимо от области знаний и подготовки инженера. Нам представляется, что такая точка зрения не только ошибочна, но и вредная. Известные почти анекдотические примеры „случайных „ изобретений или изобретений, сделанных непрофессионалами ничего не доказывают на фоне результатов работы той армии инженеров, которые каждый в своей области знаний обеспечивает прогресс техники.

Наконец последнее, что рекомендует ТРИЗ - это использование алгоритма решения изобретательских задач (в его последней редакции) - АРИЗ-85В. В этом алгоритме последовательно расположены этапы решения задачи: анализ задачи, анализ модели задачи, определение идеального конечного результата и физического противоречия, привлечение вещественно-полевых ресурсов и т.д.

В заключение всего изложенного следует признать, что методы ТРИЗ образуют логически стройную систему: сначала введены критериальные понятия, затем предложены пути анализа и, наконец, дается инструмент нахождения решения в виде набора правил и алгоритмов. Это логическое построение отождествляет методы ТРИЗ с деятельностью конструктора (или инженера) как самонастраивающейся системы.

Применять эту систему методов следует, главным образом, при решении инженерных задач, а изобретательские задачи составляют в числе инженерных задач лишь малую их часть.

Обращает на себя высокий уровень притязаний создателей ТРИЗ, они назвали это теорией. По моему мнению, этот набор приемов и методов не может быть назван теорией. Я бы назвал этот набор ПРИЗ - приемы решения инженерных задач.

## 9.5. ПРЕИМУЩЕСТВЕННОСТЬ КОНСТРУКЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ МАШИН

В практике машиностроения создание совершенно новых по принципу действия или структуре машин встречается относительно редко. Чаще перед конструктором ставится задача увеличить производительность уже известной машины, уменьшить ее металлоемкость, внести усовершенствования и др., иначе говоря, провести модернизацию машины. В ходе этой работы важно соблюдать принцип преемственности конструкции. Реализация этого принципа, во-первых, позволяет в наибольшей степени заимствовать то лучшее, что проявилось при эксплуатации машины-предшественника. Во-вторых, оставить без изменения технологию изготовления и накопленную технологическую оснастку. Это последнее существенно сокращает сроки модернизации и делает ее относительно дешевой. Известно несколько приемов, с помощью которых конструктор обеспечивает конструкторскую преемственность. Эти приемы не универсальны и каждый из них дает лучшие результаты применительно к тому или иному виду машин. Рассмотрим основные из этих приемов.

### СЕКЦИОНИРОВАНИЕ.

Этот прием заключается в разделении машины на одинаковые секции и образование модернизированной машины из набора таких секций. Секционированию хорошо поддаются транспортирующие машины ( ленточные, скребковые, цепные транспортеры).В этом случае модернизация чаще всего заключается в увеличении или уменьшении суммарной длины транспортера и это может быть осуществлено соответствующим изменением числа секций в машине. Особенно просто модернизация таких машин осуществляется , если в машине-

предшественнике изначально были предусмотрены резервы мощности привода, соответствующее устройства натяжных станций и др.

#### ИЗМЕНЕНИЕ ХАРАКТЕРНОГО РАЗМЕРА МАШИНЫ.

Этот прием используется для машин, производительность которых пропорциональна характерному размеру. Например, производительность шестеренчатых и лопастных насосов, мешалок, валцов пропорциональна их длине. Представляется возможность за счет изменения только этой длины изменить производительность таких машин.. Здесь только надо иметь в виду, что увеличение в данном случае длины приводит к увеличению нагрузок на валы и опоры. Поэтому возможности этого приема ограничены.

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БАЗОВОГО АГРЕГАТА.

Прием основан на возможности присоединению к базовому агрегату дополнительного оборудования. Этот прием широко используется в сельскохозяйственном машиностроении, при создании дорожных машин различного назначения. В качестве базового агрегата в этих машинах используется трактор или шасси автомобиля. Присоединение дополнительного оборудования требует создания коробок отбора мощности, механизмов управления, дополнительных опор и многого другого.

#### ПАРАЛЛЕЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕСКОЛЬКИХ МАШИН

Примером параллельного использования двух машин является парная установка судовых двигателей, работающих каждый на свой винт, а также установка двух и более двигателей на один самолет. При этом не только достигается увеличение мощности силовой установки, но и повышается ее маневренность и безопасность.

**ПРИСПОСОБЛЕНИЕ МАШИНЫ К РАБОТЕ В ИНЫХ УСЛОВИЯХ.** Этот прием применяется, например, при необходимости обеспечить работу машины в других климатических условиях и заключается в этом случае в замене материалов ряда деталей без изменения конструкции.

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТАНДАРТНЫХ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ,** серийно выпускаемых промышленностью ( редукторов, муфт, насосов и др.). Этот прием сокращает сроки и стоимость модернизации машины, упрощает ремонт и обслуживание.

Разновидностью этого приема является нормализация деталей и узлов в машине - прототипе и далее использование этих нормализованных деталей при модернизации. Хорошо поддаются нормализации детали многих химических аппаратов : обечайки, днища, люки, арматура, лапы креплений, приводы мешалок и др.

**ОБРАЗОВАНИЕ СЕМЕЙСТВА** ( ряда, серии, гаммы) машин путем изменения числа главных узлов и агрегатов. Этот прием эффективен, когда мощность машины или ее производительность зависит от числа определенных узлов или агрегатов. Примером такого семейства машин являются двигатели внутреннего сгорания с одинаковыми размерами цилиндра- поршневой группы деталей, но с разным числом. Соответствующие разработки свидетельствуют, что таким образом могут быть созданы двигатели от 2 цилиндрических до 36 цилиндрических. Однако не все представители такого ряда целесообразно осуществлять из-за определенных конструктивных и технологических сложностей

Разновидностью образования семейства машин может быть принцип единого типа машины при соблюдении геометрического подобия представителей ряда ( такое семейство называется размерным). При образовании семейства важно знать применимость каждого представителя в зависимости от какого- либо определяющего параметра. В диапазоне часто применяемых представителей целесообразно разницу в параметрах представителей ряда делать незначительной; редко применяемые представители могут существенно отличаться по параметрам.

**ПРИМЕР 9.7.** На рис. 9.3 представлен график применимости трехфазных асинхронных электродвигателей в зависимости от их мощности.

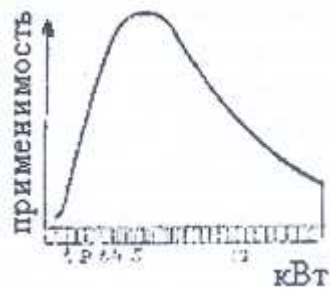


Рис.9.3

Наибольшую применяемость имеют двигатели мощностью около 5 кВт. Вблизи этой мощности следует сгустить семейство, т.е. выпускать машины мало отличающиеся по параметрам. Для иллюстрации такого подхода к образованию семейства на рис. 9.3 вдоль оси абсцисс представлена диаграмма, на которой расстояния между вертикальными линиями пропорциональны разности параметров между соседними представителями семейства.

Можно показать, что геометрическое подобие представителей семейства определяется тем, что напряжения в основных деталях такого семейства оказываются одинаковыми для всех представителей.

В машиностроении установлены ряды предпочтительных чисел. Каждый такой ряд представляет геометрическую прогрессию, знаменатель которой

$$\varphi = \sqrt[n]{10}$$

где  $n$  - величина для пяти разных рядов, равная : 5;10;20;40;80.

Каждый из этих рядов обозначается буквой R с числом  $n$ , т.е. R.5; R.10 и т.д.

Значения знаменателя  $\varphi$  для каждого ряда приведены в таблице

ряд	R 5	R10	R20	R40	R80
$\varphi$	$\sqrt[5]{10} = 1,6$	$\sqrt[10]{10} = 1,25$	$\sqrt[20]{10} = 1,12$	$\sqrt[40]{10} = 1,06$	$\sqrt[80]{10} = 1,03$

Первый член ряда  $a_0 = 1$ , величина любого члена ряда  $a_k = a_0 \varphi^k$ , где  $k$  - порядковый номер члена.

Методом разрежения этих рядов или возведением в степень указанных знаменателей могут быть получены производные ряды. Например, имеем ряд

R. 5: 1; 1,6; 2,5; 4; 6,3 ; 10; 16; 25 и т.д. Этот ряд можно получить из ряда R 40 ( $\varphi=1,06$ ) отбором всех членов с порядковым номером, кратным 8 ( $1,06^8 = 1,6$ ).

Или образуем из ряда R5 другой ряд со знаменателем  $\varphi = 2,56$ . Для этого возведем в квадрат знаменатель ряда K5 ( $1,6^2 = 2,56$ ).

Использование рядов предпочтительных чисел при назначении размеров сокращает номенклатуру мерительного и режущего инструмента. В этом заключается повышение технологичности конструкции.

#### 9.4. КОМПОНОВАНИЕ УЗЛА МАШИНЫ

Далеко не всегда в ходе модернизации машины удастся избежать конструирования какого-либо дополнительного узла или переделки уже существующего в машине- предшественнице. Тем более, при создании новой машины конструирование узлов и деталей является основным в работе конструктора.

Конструированию узла предшествует выбор его кинематической схемы и силовой анализ. Обычно это делается в нескольких вариантах. Затем эти варианты подвергаются тщательному анализу; при этом пытаются оценить по каждому варианту также стоимость изготовления, габариты узла, его металлоемкость и другие параметры. Выбор варианта для дальнейшей разработки наиболее ответственный этап проектирования и потому на разработку вариантов схемы, на их анализ не следует экономить время и силы.

Из разнообразных приемов РАЦИОНАЛИЗАЦИИ СХЕМЫ укажем, во-первых, на СОКРАЩЕНИЕ ЧИСЛА ЗВЕНЬЕВ механизма. Этот прием не только позволяет сократить вес и габариты механизма, но и в ряде случаев уменьшить силы инерции.

ПРИМЕР 9.8. На рис.9.4,а приведена конструкция кулачкового привода коромысла 2 от толкателя 1. Если удастся применить конструкцию, представленную на рис.4,б, то сокращается не только число деталей, но и уменьшаются возвратно поступательно движущиеся массы и, значит, уменьшаются также силы инерции, действующие на звенья механизма.

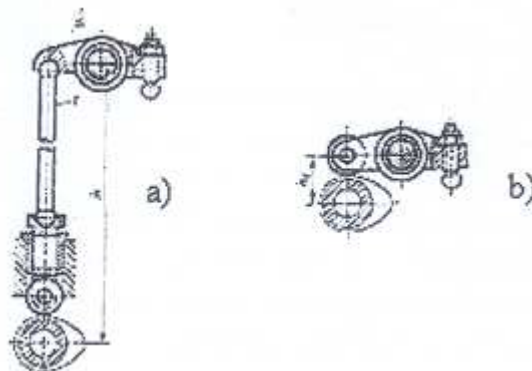


Рис.9.4

Большое значение для получения рациональной схемы имеет КОМПАКТНОСТЬ конструкции.

ПРИМЕР 9.9. На рис.9.5,а приведена конструкция двухступенчатого редуктора, выполненного по обычной развернутой схеме. Здесь же приведена схема сил, действующих на промежуточный вал 3. Из этой схемы видно, что на промежуточный вал действует сила  $R$ , равная сумме сил  $P_1$  и  $P_2$ .

На рис. 5,б приведена более компактная, так называемая соосная, конструкция того же двухступенчатого редуктора, в котором конечное колесо 4 установлено соосно с начальным колесом 1. Из схемы сил, действующих на промежуточный вал 3 в этой соосной конструкции, видно, что равнодействующая  $R \approx 2R'$ .

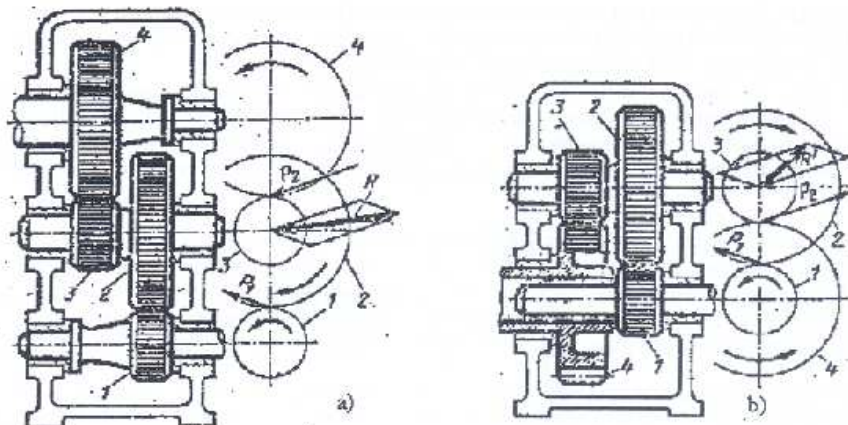


Рис.9.5

Значительное уменьшение массы и габаритов механизма можно получить, применив МНОГОПОТОЧНЫЕ СХЕМЫ.

ПРИМЕР 9.10. На рис.6,а приведена обычная однопоточная конструкция передачи от колеса  $z_1 = 18$  к колесу  $z_4 = 54$ .

На рис.6,б приведена двухпоточная планетарная передача той же мощности от колеса  $z_1 = 18$  на колесо  $z_4 = 72$ . Из приведенных тут же формул видно, что передаточные числа в обеих передачах одинаковые, а вот габариты существенно разнятся.

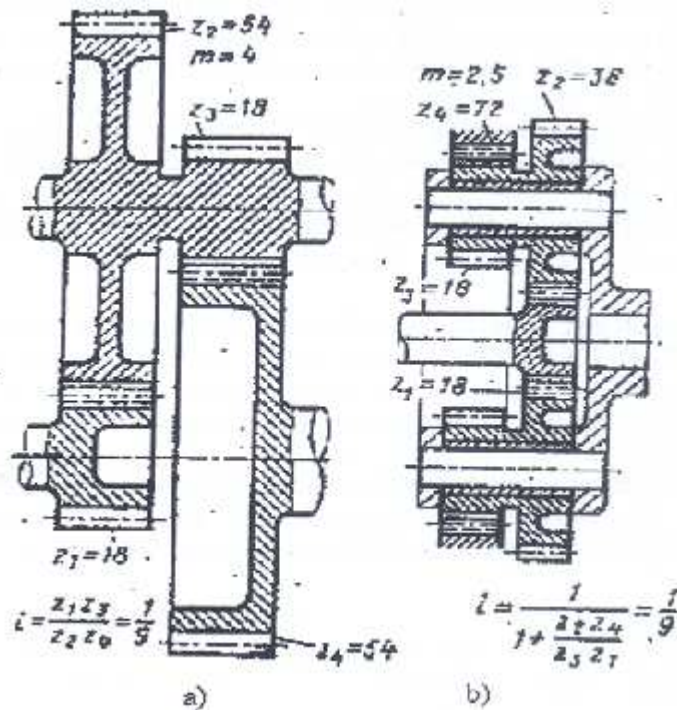


Рис.9.6

ПРИМЕР 18.11. Разработать и проанализировать несколько схем конического редуктора с передаточным отношением  $U = 2$  и крутящем моменте на шестерне  $M_v$ . Разработке схемы редуктора предшествует расчет конического зацепления. Таким образом, размеры конических колес оказываются известными.

Схема 1. Оба колеса расположены консольно (рис.9.7,а). Это недостаток схемы, т.к. известно, что консольное расположение зубчатых колес приводит к повышению концентрации нагрузки по ширине зуба.

Схема 2. Большое колесо размещено на двухопорном валу без консоли (рис.7,в). Это несколько лучше, чем в схеме 1.

Схема 3. Меньшее колесо размещено на валу без консоли (рис.7,с).

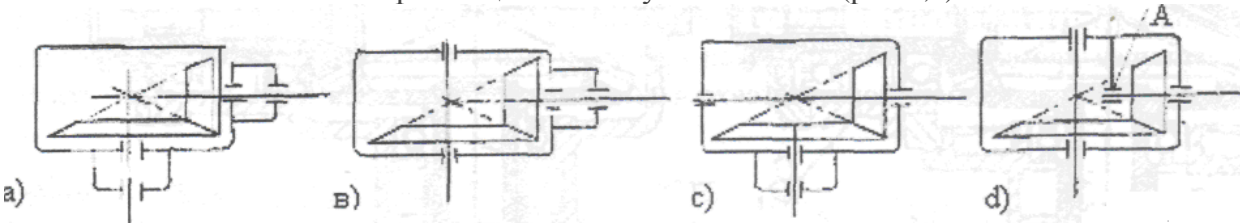


Рис.9.7

Схема 4. Оба колеса размещены на валах без консолей (рис.9.7,д). Такое размещение колес возможно, если удастся разместить опору А меньшего колеса. Схема 4 может быть также реализована, если вместо конической передачи будет использована гипоидная передача, которая, как известно, передает вращение между перекрещивающимися валами.

Дальнейший анализ схем должен проводиться в отношении возможности и удобства сборки (разборки), регулировки подшипников и зацепления. Эти этапы разработки требуют создания компоновки, т.е. черновой наброски чертежа всего узла. Ограничимся анализом в настоящем примере только компоновок схемы 1.

Схема 1.. Валы на подшипниках качения, тип подшипников и их регулировку в этом примере не рассматриваем. Корпус неразъемный (рис.9.8-1.). Большое колесо в сборе вводится в корпус через большое отверстие в корпусе (затем закрытое крышкой). Малое колесо также в сборе заводится справа через расточку в корпусе. Фиксация валов осуществляется пружинными шайбами P1 и P2. Регулировка зацепления осуществляется набором шайб M1 и M2. Недостаток этой компоновки - для доступа к шайбам M1 и M2 требуется разборка всего редуктора.



Схема 2. Для того, чтобы обеспечить более свободный доступ к шайбам M1 и M2 зубчатые колеса в сборе размещены в стаканах C1 и C2 (рис.9.8-2).

Схема 1.3. Вместо стаканов C1 и C2 применены отъемные от корпуса втулки B1 и B2 (рис.8-3).

Схема 1.4. Корпус выполнен разъемным в плоскости оси малого колеса, Регулировка зацепления как в схеме 9.8.1. В этой схеме существенно облегчается сборка и осмотр механизма, но усложняется изготовление корпуса.(рис 9..8-4)

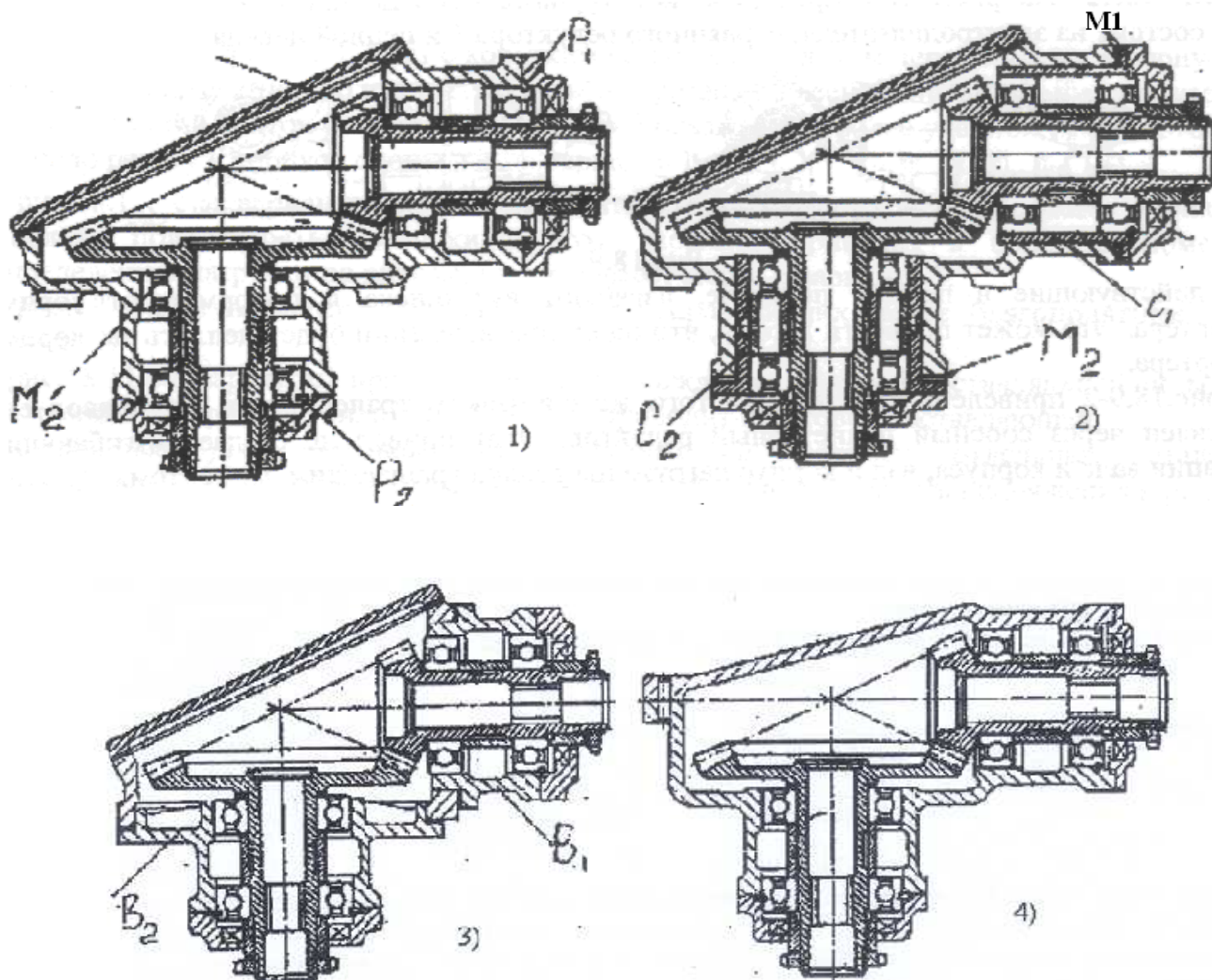


Рис.9.8

Совершенство конструкции, ее масса, габариты и эффективность ее работы, как мы видим, в значительной степени зависят от принятой принципиальной схемы. Показателем рациональности схемы может быть, взаимное уравновешивание сил и отсутствие в конструкции изгибающих напряжений.

ПРИМЕР 9.12. На рис.9.9-1 приведен привод подвесного конвейера, состоящий из электродвигателя, редуктора 1, открытых конической 2 и цилиндрической 3 передач.

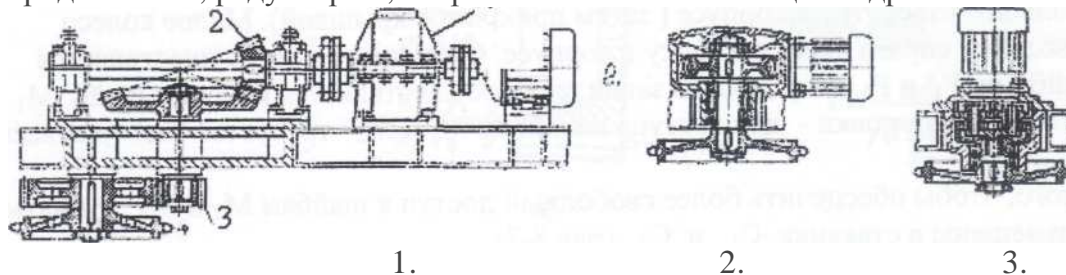


Рис.9.9

Каждый из этих агрегатов привода смонтирован так, что требуется его регулировка, открытые передачи требуют периодической консистентной смазки.

На рис.9.9-2 и 9.9-3 приведены приводы того же подвесного транспортера от червячного редуктора или от соосной планетарной передачи. В этих приводах отсутствуют открытые передачи и потому они более долговечны и не требуют периодической смазки; они имеют значительно меньшие габариты.

Среди приемов, облегчающих создание рациональной схемы, прежде всего отметим метод обращения функции детали, называемый также МЕТОДОМ ИНВЕРСИИ. При компоновке узла зачастую бывает целесообразным поменять детали ролями. Например, ведущую деталь сделать ведомой, охватывающую деталь сделать охватываемой, неподвижную - подвижной и т.п.

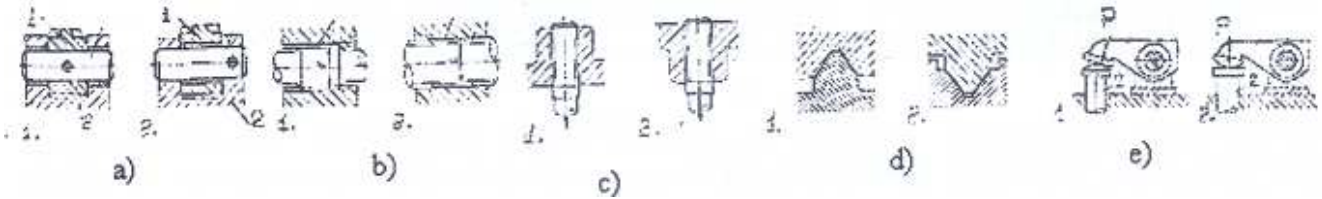


Рис.9. 10

ПРИМЕР 9.13. На рис. 9.10,а приведены два варианта крепления оси в шатуне 1. В варианте 1 ось закреплена штифтом в шатуне 1 и вращается в подшипнике вилки 2. В варианте 2 ось закреплена тем же штифтом в вилке 2 и вращается в подшипнике шатуна 1. Эта конструкция может быть предпочтительной, если проушины в вилке 2 сделать узкими и за этот счет расширить подшипник в шатуне 1.

На рис. 9.10,б в варианте 1 винт с коротким резьбовым пояском перемещается в корпусе с резьбой. В конструкции по варианту 2 резьба нарезана по всей длине винта, а в корпусе изготовлен узкий поясок резьбы. Конструкция 2 оказывается более удачной, т.к. изготовить короткую резьбу в корпусе проще, чем в варианте 1.

На рис. 9.10,с в варианте 1 прочность винтового соединения меньше, чем в варианте 2, поскольку податливость бобышки в этом варианте приводит к более равномерному распределению нагрузки по виткам, чем это имеет место в варианте 1.

На рис.9.10,д в варианте 1 условия смазки направляющих менее благоприятные, чем в варианте 2.

На рис. 9.10,е в варианте 1 привод тяги 2 сопровождается боковой составляющей силы  $P$ ; в конструкции 2 передача усилий на тягу 2 не приводит к боковой составляющей.

Компоновка узла сопровождается расчетами на прочность отдельных деталей. В настоящее время развились методы расчета, позволяющие определять напряжения в реальных конструкциях с достаточно высокой точностью, однако эти методы громоздки и предполагают применение ЭВМ. Между тем, при анализе, о котором идет здесь речь, необходимо относительно быстро получить данные о действующих напряжениях в той или иной детали анализируемой конструкции. Эти данные можно получить, используя обычные методы сопротивления материалов. Однако надо иметь в виду, что методы сопротивления материалов основаны на упрощениях расчетной схемы и допущениях, которые снижают достоверность получаемых результатов. Поэтому эти результаты следует использовать не в абсолютном значении, а в относительном, т.е. при сравнении аналогичных конструкций. Достоверность этих расчетов повышается, если полученные расчетом напряжения в новой конструкции сравнивать с напряжениями, определенными для аналогично работающей детали в хорошо зарекомендовавшей себя конструкции.

## 9.5. ПОДРОБНАЯ РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ

В ходе компоновки узла, как мы видим, решаются главные вопросы конструкции узла: определяются вопросы реализуемости выбранной схемы, уточняются особенности силового и

кинематического взаимодействия деталей и т.д. Далее происходит подробная разработка конструкции, в ходе которой следует соблюдать определенные правила и приемы, которые позволяют получить рациональную конструкцию. Это относится прежде всего к **УНИФИКАЦИИ** конструктивных элементов. Применение унификации позволяет максимально сократить номенклатуру таких элементов, как посадочные размеры, резьбы, шлицевые и шпоночные соединения и др.

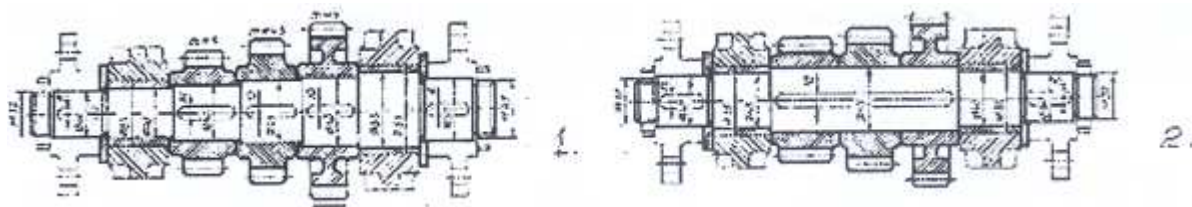


Рис.9.11

**ПРИМЕР 9.14.** На рис. 9.11-1 приведен вал на двух опорах скольжения с сидящими на нем тремя зубчатыми колесами. Номенклатура элементов, т.е. число различных по диаметру посадочных мест, размеров втулок и т.п., этого вала равна 16. На рис. 9.11-2 показан тот же вал после унификации размеров; в результате номенклатуру элементов удалось сократить до 7.

Унификация имеет целью не только сокращение номенклатуры элементов, но и сокращение числа оригинальных деталей.

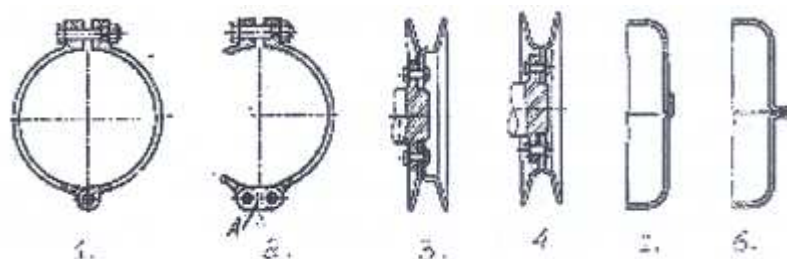


Рис.9.12

**ПРИМЕР 9.15.** На рис 9.12 приведены три примера унификации деталей. На рис. 9.12-1 стяжной хомут состоит из двух разных деталей. На рис. 9.12-2 благодаря введению соединительной планки А два полухомута стали одинаковыми.

На рис. 9.12-3 и 9.12-4 показано каким образом шкив клиноременной передачи, состоящий из двух разных штампованных деталей, может быть изменен так, что он изготавливается из двух одинаковых деталей .

На рис. 9.12-5 и 9.12-6 показано как сварная обечайка, состоящая из двух разных деталей, может быть изменена так, что ее можно сварить из двух одинаковых деталей.

Принцип **АГРЕГАТИРОВАНИЯ** состоит в том, чтобы конструировать и создавать отдельные узлы в виде независимых агрегатов, отдельно собираемых и регулируемых. Эти агрегаты затем устанавливаются в машину.

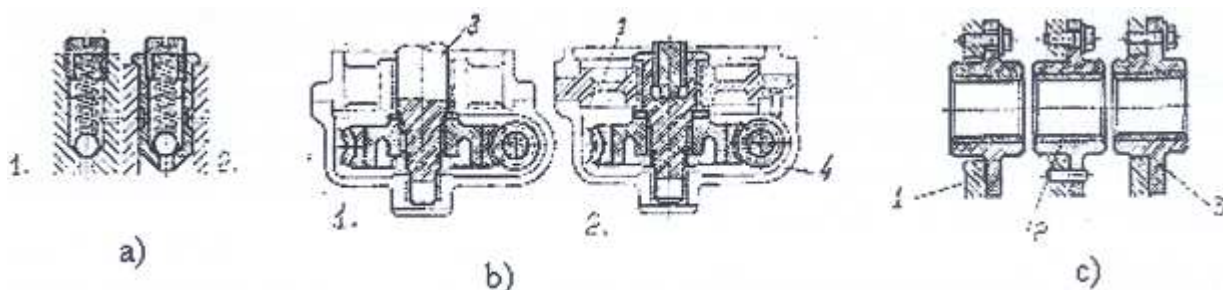


Рис.9.13

**ПРИМЕР 9.16** Простейший пример агрегатирования приведены на рис.9.13,а, где изображен редукционный клапан. В варианте 1 он установлен непосредственно в корпусе. Установка клапана в отдельной втулке (вариант 2) делает узел агрегатным: клапан собирается и регулируется отдельно от корпуса и только потом вставляется в корпус.

На рис.9.13,д приведены два варианта компоновки червячного редуктора. В варианте 1 червячное колесо посажено на вал 3 машины; вал 3 смонтирован в опорах, расположенных в разных корпусах, это затрудняет обеспечение соосности опор. Сборка редуктора неудобна: сначала монтируется червячное колесо, затем червяк ввинчивается в колесо. Проверить правильность зацепления и отрегулировать положение червячного колеса относительно червяка затруднительно. В варианте 2 приведена агрегативная конструкция. Корпус 4 и диафрагма 1 могут быть расточены в сборе и тем самым обеспечивается строгая соосность опор червячного колеса. Червячный редуктор в сборе присоединяется к основной части машины.

### УСТРАНЕНИЕ ПОДГОНКИ.

Следует исключать такой монтаж узла, когда требуются слесарные или станочные операции в ходе монтажа. Такой монтаж увеличивает время сборки и лишает конструкцию взаимозаменяемости.

На рис.9.13,с приведены варианты конструкции крепления подшипника к корпусу. В варианте 1 приведена конструкция, когда найденное при монтаже положение при повторном монтаже сбивается и его приходится искать вновь. В варианте, представленном в варианте 2, найденное положение подшипника фиксируется штифтом, однако установка штифта требует сверловки и развертывания отверстия под штифт в процессе монтажа и это, как отмечалось выше, неудобно. Правильное решение приведено в варианте 3: отверстие в корпусе точно расточено, а у корпуса подшипника имеется центрирующий поясик и потому корпус подшипника без подгонки точно устанавливается в корпус машины.

### КОМПЕНСАТОРЫ.

Отдельные агрегаты, передающие вращающий момент (электродвигатели, редукторы, рабочие органы) соединяются с помощью муфт привода. Для компенсации возможных монтажных смещений и перекосов, а также ошибок изготовления, применяют компенсирующие муфты.

Определенный интерес в качестве компенсатора представляет торсион - длинный шлицованный с двух сторон валик, работающий только на кручение (рис. 9.14). Торсион не только компенсирует перекосы соединяемых узлов, но и амортизирует колебания в цепи привода, делая работу машины более плавной и равномерной.

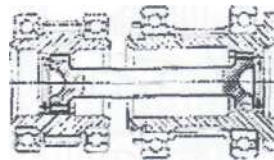


Рис. 9.14

**ПРИМЕР 9.18.** Торсион передает мощность  $N = 100$  л.с. = 73,6 кВт при частоте вращения  $n = 2000$  об / мин. Рабочая длина торсиона  $L = 200$  мм. Торсион приводит зубчатое колесо с диаметром начальной окружности  $D_0 = 200$  мм. Определить упругое закручивание под нагрузкой на диаметре  $D_0$ .

Вращающий момент, передаваемый торсионом

$$M = \frac{102N}{\omega} = \frac{102 \cdot 73,6 \cdot 30}{\pi \cdot 2000} = 36 \text{ кгс.м} = 360 \text{ Нм},$$

$\omega$  - угловая скорость.

Примем расчетное напряжение в торсионе  $\tau = 400 \text{ Н мм}$  (обычно торсионы изготавливают из пружинных сортов сталей типа 60С2Н2А, 60С2ХФА, предел выносливости которых  $\tau_{-1} = 500...700 \text{ Н мм}$  )

Диаметр торсиона определяется из расчета на кручение

$$d = \sqrt[3]{\frac{M}{0,2\tau}} = \sqrt[3]{\frac{360 \cdot 10^3}{0,2 \cdot 400}} \cong 17 \text{ мм}$$

Угол закручивания торсиона

$$\varphi = \frac{LM}{GJ_p} [\text{рад}] = \frac{260LM}{2\pi GJ_p} [\text{град}] = \frac{360}{2\pi} \cdot \frac{200 \cdot 360 \cdot 10^3}{80 \cdot 10^3 \cdot 0,1 \cdot 17^4} = 6,17^\circ$$

Где  $G = 80 \cdot 10^3 \text{ Н / мм}^2$  - модуль упругости при сдвиге,

$J_p = 0,1 \cdot d^4$  – полярный момент инерции для круглого сечения вала.

Искомое упругое закручивание

$$\Delta = 0,5D_0 \cdot \varphi = 100 \frac{6,17}{57,3} = 10,8 \text{ мм}$$

Такую деформацию очень трудно получить посредством других амортизирующих устройств.

### РАЦИОНАЛЬНОЕ НАГРУЖЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ.

Известно, и мы это указывали в соответствующем разделе, что распределение напряжений по сечению детали зависит от вида нагружения. При изгибе и кручении максимальные (т.е расчетные) напряжения действуют только на наружных слоях детали, внутренние слои -недогружены, а вблизи нейтрального слоя напряжения близки к нулю. В условиях растяжения (сжатия) напряжения во всем сечении детали одинаковы и, значит, более полно используется материал.

Поэтому во всех случаях, когда это представляется возможным, изгиб следует заменять растяжением, сжатием или срезом. Если напряжения изгиба неизбежны, то следует уменьшать плечи изгибающих сил и увеличивать моменты сопротивления сечений в опасных местах.

**ПРИМЕР 9.19** На рис. 9.15-1 изображен двуплечий рычаг, подверженный изгибу. На рис. 9.15-2 конструкция того же рычага изменена так, что напряжения изгиба существенно уменьшены.

На рис. 9.15-3 приведена конструкция крепления ролика, в которой лапа 5 подвержена изгибу; если применить конструкцию по рис.9.15-4, то изгиб лапы будет полностью устранен.

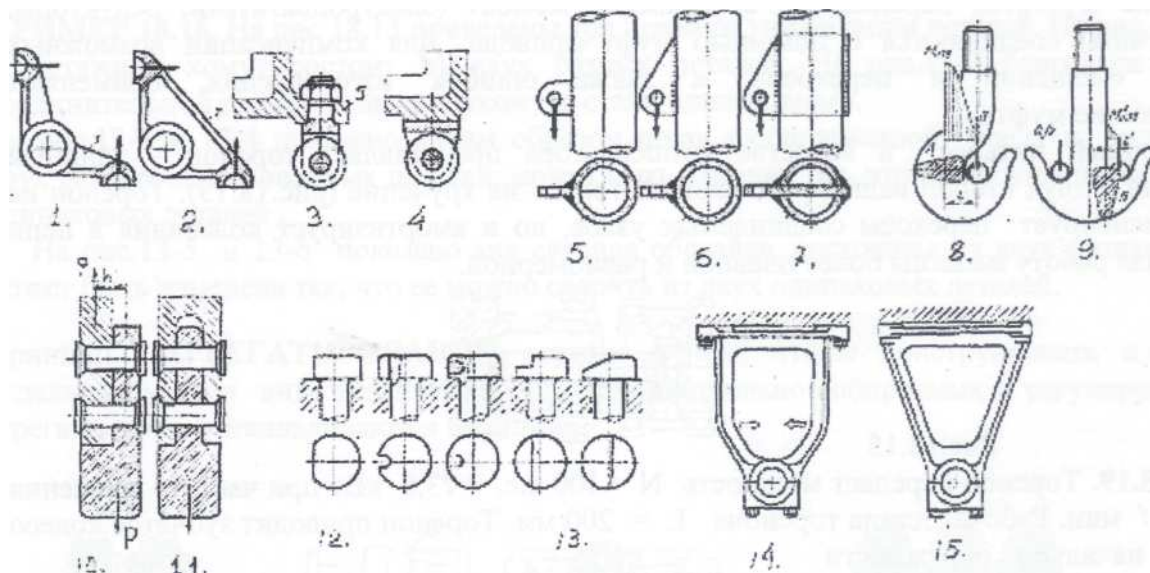


Рис. 9.15

На рис. 9.15-5 приведена конструкция сварного соединения проушины с трубой. Сварной шов в этой конструкции нагружен изгибающими напряжениями. На рис. 9.15-6 и 9.15-7 приведены более рациональные конструкции этого узла.

На рис. 9.15-8 показано, что однорогий крюк подвержен изгибу в сечении А. Если применить двурогий крюк (рис. 9.15-9), то сила, изгибающая крюк, уменьшается в два раза, а напряжения в опасном сечении Б уменьшаются в 5 раз, т.к. одновременно уменьшается плечо изгибающей силы.

При нагружении растягивающими (сжимающими) силами изгиб может появиться из-за внецентренного приложения сил. Конструкция по рис.9.15-10 подвержена изгибу (плечо изгиба  $h$ ). В конструкции по рис. 9.15-11 нагрузка приложена по оси симметрии деталей и потому изгиб отсутствует.

Изгиб может быть вызван несимметричностью опорной поверхности детали или неравномерностью ее жесткости. Так, на рис.9.15-12 приведена несимметричная головка болта, в результате равнодействующая сил давления на опорной поверхности головки болта приложена не по оси болта, что и приводит к его изгибу. Аналогичное явление имеет место из-за переменной жесткости головки болта (рис. 9.15-13). Здесь же приведены варианты головок симметричной формы.

Изгиб может быть вызван местными неправильностями формы. На рис. 9.15-14 приведена конструкция кронштейна под подшипник. Из-за криволинейности стержней, образующих кронштейн, они испытывают изгиб (показан стрелками). Более рациональная конструкция, полностью исключая изгиб, приведена на рис.9.15-15.

Большинство материалов лучше сопротивляется сжатию, чем растяжению. Это относится как к пластичным, так и к хрупким материалам. Так, например, предел прочности чугуна при сжатии в 2,5...4 раза больше, чем при растяжении; предел прочности при сжатии закаленной стали марки 45 и отпущенной при температуре 250 °С и дюралюмина после закалки и старения превышает их предел прочности при растяжении соответственно в 1,4 и 1,7 раза. Для использования этого свойства в реальных конструкциях целесообразно применять асимметричные профили, специальное усиление мест, подверженных растяжению.

**ПРИМЕР 9.20.** На рис. 9.16-1 показана двутавровая балка, в которой нижняя полка, подверженная растяжению при изгибе, ее толщина увеличена (рис. 9.16-2) по сравнению с верхней полкой, подверженной сжатию.

На рис. 9.16-3 приведена конструкция чугунного кронштейна, в котором ребро нагружено растягивающими напряжениями. На рис. 9.16-4 тот же кронштейн сконструирован так, что ребро нагружено сжимающими напряжениями.

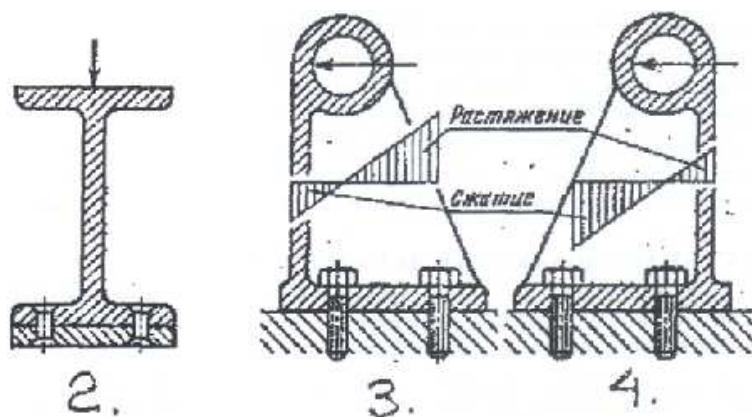


Рис.9.16

### УСТРАНЕНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ ПРИ ЗАТЯЖКЕ.

При сборке узла детали стягиваются с помощью резьбовых соединений. Так как резьба при затяжке создает большие осевые силы даже при сравнительно небольших вращающих моментах на ключе, то при неправильной конструкции узла есть опасность, что эти осевые силы нарушат нормальную работу узла. Для устранения этого явления можно указать несколько конструктивных приемов.

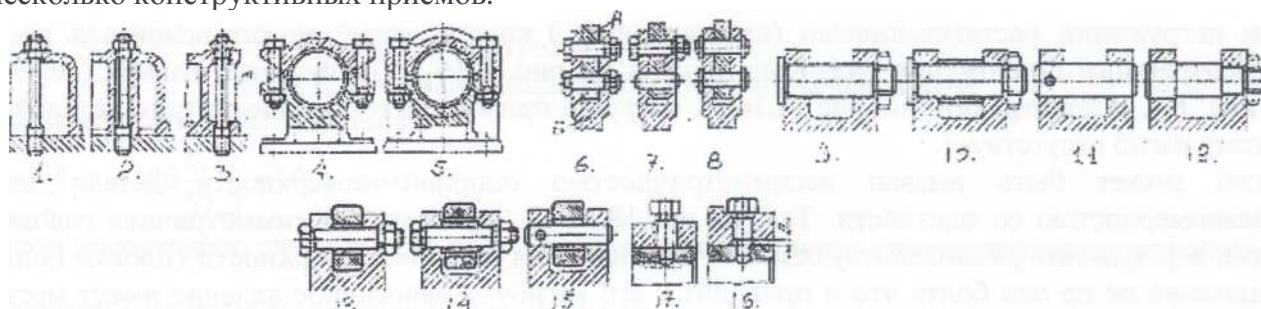


Рис. 9.17

ПРИМЕР 21. На рис. 9.17-1 шпилька проходит через полую часть корпуса, которая не обладает большой жесткостью; под действием затяжки корпус в этом месте будет деформироваться. На рис. 9.17-2 и 9.17-3 представлены конструкции, в которых такая деформация исключена, поскольку стяжная шпилька помещена либо в колонку, либо возле ребра.

На рис. 9.17-4 корпус подшипника при затяжке болтов деформируется. На рис. 9.17-5 приведена конструкция, в которой такая деформация исключена.

На рис. 9.17-6,7,8 приведены варианты крепления тяги А в вилке Б. В варианте 6, чтобы избежать деформации вилки при затяжке болтов следует точно изготовить соединяемые детали. В варианте 7 деформация вилки не исключена, но она создается верхним болтом и потому создает меньшие напряжения изгиба в вилке. В варианте 8 затяжка ( и, значит, деформация ) вообще исключены.

При креплении оси в вилке ( рис. 9.17-9 ) в щеках вилки возникает изгиб. Этого можно избежать в конструкциях, изображенных на рис.10,11,12.

При установке ролика (рис. 9.17-13) деформация вилки нарушает свободное вращение ролика. В конструкции 14 и 15 показано как этого можно избежать.

Фиксация втулки подшипника с помощью стопорного винта (рис. 9.17-16) должна быть выполнена такой, что между втулкой и краем резьбы был бы зазор, иначе, если этот зазор отсутствует (рис.9.17-17), при затяжке втулка деформируется .

### САМОУСТАНОВЛИВАЕМОСТЬ ДЕТАЛЕЙ В УЗЛЕ.

В узлах, где возможны перекосы и смещения деталей, следует предусматривать возможность свободной самоустановки деталей таким образом, чтобы при всех неточностях изготовления и монтажа гарантировалась правильная работа деталей.

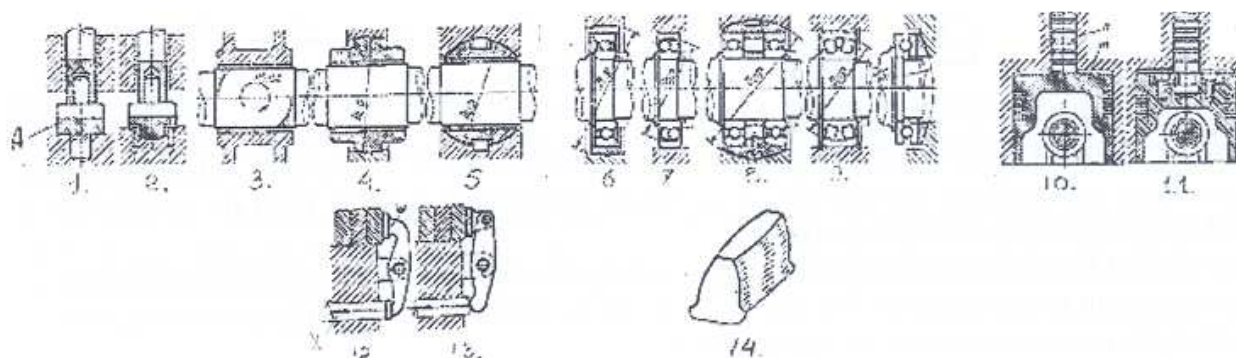


Рис.9.18

**ПРИМЕР 9.22.** На рис. 9.18-1 приведена конструкция вала, нагруженного осевой силой, для восприятия этой силы имеется подпятник А, жестко установленный в корпус. Вследствие неизбежных неточностей изготовления и монтажа давление по опорной поверхности подпятника будет распределено неравномерно. На рис.2 представлена та же конструкция с самоустанавливающимся подпятником, для чего он сопрягается с корпусом по сферической поверхности. Та же проблема имеет место при установке подшипников скольжения и качения, когда вал, недостаточной жесткости, подвержен изгибу и( или ) имеются монтажные перекосы (рис.9.18- 3). В результате подшипник скольжения будет по краям перегружен ( это называется кромочным эффектом), неправильной будет и работа подшипника качения. Устранение таких кромочных эффектов достигается самоустановкой корпуса подшипника (рис 9.18-4 ... 9).

В конструкции поршней двухступенчатого компрессора (рис. 9.18-10) недостаток состоит в том, что поршни *m* и *n* изготовлены как одно целое. Это требует повышенной точности изготовления и поршней и расточки цилиндра. В конструкции по рис.9.18- 11 этот недостаток устранен тем, что поршень высокого давления *n* изготовлен отдельно и самоустанавливается по расточке в корпусе.

На рис 9.18-12 приведена конструкция зажима пакета заготовок рычагом *W* , производимого штоком *x* гидравлического цилиндра. В этой конструкции из-за колебаний в размере пакета заготовок могут быть перекосы при их зажиме. Чтобы этого не происходило на рис.9.18-13 приведена конструкция с башмаком, шарнирно соединенным с рычагом.

Избежать кромочного контакта двух деталей можно изготовлением одной из этих деталей слегка выпуклой. Наиболее часто такое изготовление контактирующих поверхностей применяют в роликах цилиндрических подшипников и в зубчатых передачах.

На рис.9.18-14 приведена конструкция зуба так называемой бочкообразной формы. К приемам рационализации конструкции относятся также правила **УСТРОЙСТВА СОПРЯЖЕНИЙ ПО НЕСКОЛЬКИМ ПОВЕРХНОСТЯМ .ФИКСАЦИИ** деталей и некоторые другие. Детали в узле следует сопрягать только по одной поверхности, предусматривая на остальных поверхностях зазоры.



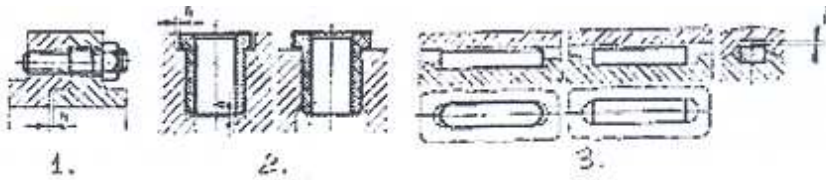


Рис.9.19

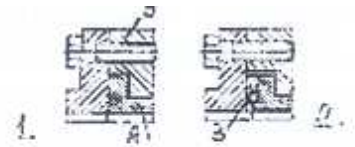


Рис.9.20

**ПРИМЕР 9.23.** На рис. 9.19-1,2,3 приведены примеры правильных конструкций соединения фланцев, запрессовки втулки и постановки шпонки, в которых по поверхностям, которые не должны контактировать предусмотрены зазоры  $z_1$ ,  $z_2$ ,

В некоторых случаях не удается избежать одновременного сопряжения деталей по нескольким поверхностям. Такой случай изображен на рис.9.20-1. Для того, чтобы реализовать такое сопряжение необходима совместная обработка деталей А и Б. В тех случаях, когда это невозможно применяют установку уплотнительных прокладок В из резины, красной меди, свинца и др. мягких материалов (рис 9.20-.2).

Большое значение в конструкции узла имеют вопросы фиксации деталей, правильная установка направляющих и привалочных поверхностей.

**ПРИМЕР 9.23.** Детали в узле следует фиксировать в осевом направлении только в одной точке так, чтобы деталь имела возможность самоустанавливаться по длине (рис. 9.21-1)

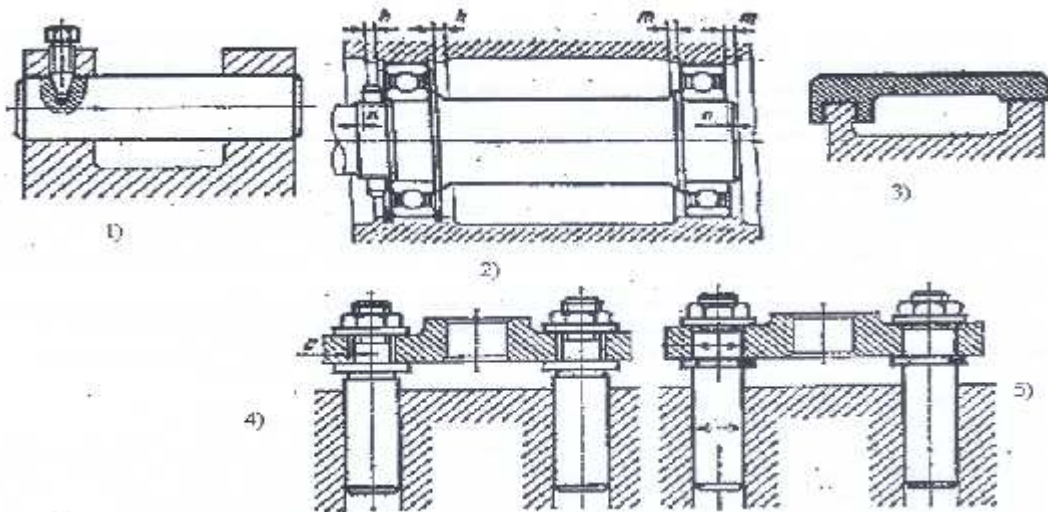


Рис.9.21

На рис.9.21-2 приведена конструкция вала на двух подшипниках качения с одной плавающей опорой. Левая опора зафиксирована на валу гайкой, а относительно корпуса пружинными кольцами. В конструкции предусмотрены запасы  $h$ ,  $m$  на неточности изготовления и монтажа.

Детали, предназначенные перемещаться по направляющим должны иметь направляющие только с одной стороны; с другой стороны должна быть только опорная плоскость (рис. 9.21-3). В случае обязательного применения двух направляющих, как это показано на рис.9.21-4 необходимо либо предусматривать зазор  $e$  в месте закрепления штоков с тем, чтобы производить их затяжку только после сборки узла, либо производить совместную расточку траверсы и корпуса под отверстия для штоков (рис.9.21-5).

## СТЫКИ СОЕДИНЯЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ.

Съемные детали могут стыковаться с другими деталями по поверхностям, имеющим, вообще говоря, разную форму (цилиндрическую, две перпендикулярные друг к другу плоскости и др.). Во всех случаях, когда предстоит осуществить стыковку двух деталей, следует выполнять ее только по плоскости. На рис. 9.22 приведены примеры стыковки деталей по поверхностям разной формы и способы замены этих поверхностей стыковкой по плоскости.

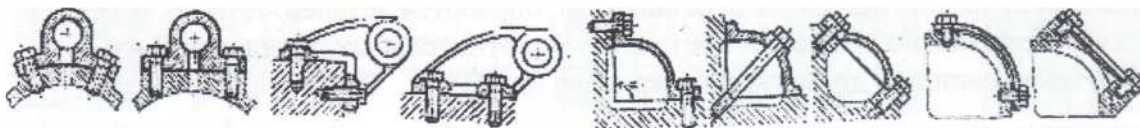


Рис.9.22

Разновидностью стыковки по двум перпендикулярным поверхностям является стыковка деталей по скрещивающимся плоскостям. Такая стыковка усложняет изготовление и затрудняет уплотнение стыка. На рис.9.23 приведены примеры стыковки деталей по скрещивающимся плоскостям и способы устранения такой стыковки. (А и Б плоскости разреза) На рис 9.22-1,3, 4 показаны неправильные решения.

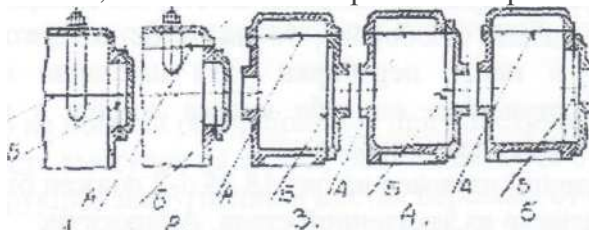
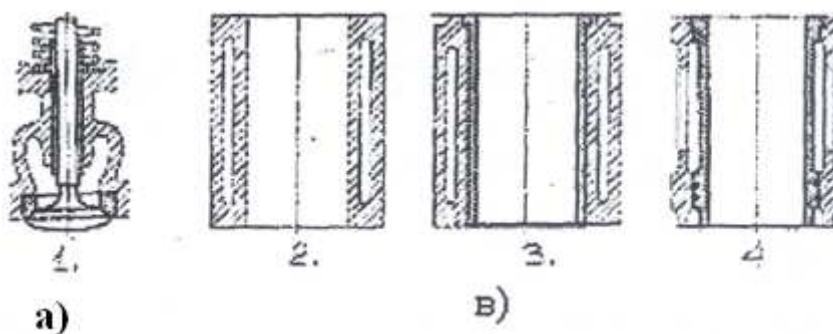


Рис.9.22

## СОСТАВНЫЕ КОНСТРУКЦИИ.

Решение создать составную конструкцию возникает по нескольким причинам. Отметим, во-первых, случай, когда некоторая поверхность детали подвергается износу. Тогда целесообразно конструктивно выделить эту поверхность с тем, чтобы именно ее можно было легко заменить. На рис.9.24,а-1 показан клапан в сборе. Изнашивающимися являются цилиндрическая часть и седло, они изготовлены отдельно от громоздкой детали, которая не изнашивается и является дорогой.



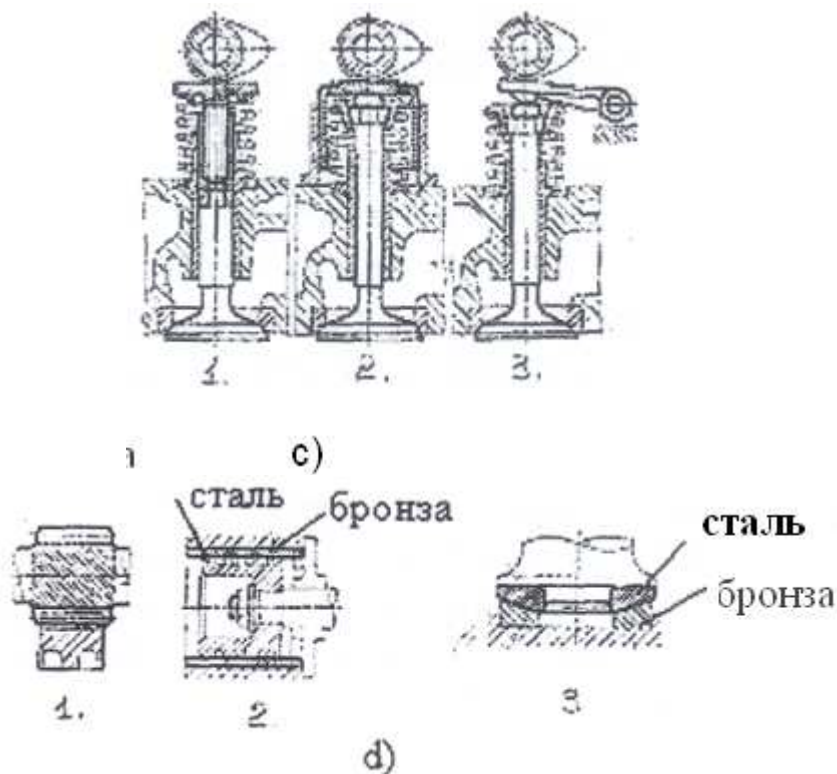


Рис.9.24

Из тех же соображений, вместо цилиндров под поршни двигателя, изготовленных непосредственно в блоке (рис. 9.24-2), применяют вставные гильзы (рис.3 - сухая гильза; 4 -мокрая гильза; это наиболее рациональное решение, поскольку уменьшается масса блока и улучшается охлаждение цилиндра.

Во вторых, составные конструкции применяют, когда хотят разгрузить механизм от вредных сил. Нарис.9..24,с-1 приведена конструкция узла привода клапана от кулачка. При вращении кулачка на клапан действует горизонтальная составляющая, которая изгибает клапан. На рис.2 и 3 приведены два варианта конструкции того же узла, но в которых горизонтальные составляющие сил не передаются на клапан.

Составные конструкции применяют также тогда, когда необходимо осуществить контакт деталей из твердых и мягких материалов. Здесь дело не только в том, что деталь из мягкого материала быстро изнашивается и ее потому надо часто заменять. Еще здесь имеется одна тонкость: надо осуществлять контакт этих двух деталей так, чтобы деталь из твердого ( и потому износостойкого) материала перекрывала изнашивающуюся поверхность детали из мягкого материала. Соблюдение этого правила обеспечивает износ мягкой детали по всей длине.

**ПРИМЕР 9.25.** Поскольку зубья шестерни изнашиваются быстрее, чем зубья колеса (зубья шестерни чаще входят в зацепление), то шестерню делают более твердой. Для того, чтобы зуб колеса изнашивался равномерно по ширине, шестерню делают несколько шире, чем колесо (рис. 9.24,б-1). Если сделать наоборот , то на зубе колеса в результате износа появится ступенька по краям и после переборки узла шестерня может несколько сместиться относительно колеса, ступенька на зубе колеса войдет в зацепление и таким образом нарушится правильное зацепление зубьев.

Из таких же соображений плунжер на рис.9.24,с1-2 должен быть изготовлен из бронзы (мягкий материал), цилиндр из закаленной стали. Аналогично в самоустанавливающемся подпятнике (рис.9.24,з1-3) бронзовая опора должна быть меньше наружного диаметра, чем у стального диска, а отверстие в стальном диске должно быть меньшего диаметра, чем отверстие в бронзовой опоре.

Составные конструкции также применяют для облегчения механической обработки, упрощения формы детали и как средство экономии дорогостоящих материалов.

**ПРИМЕР 9.26.** На рис.9.25-1 представлена крупногабаритная станина, с которой заодно изготовлены нижние половины подшипников. Такая конструкция нетехнологична ,т.к. требует совместной со станиной расточки отверстий в подшипниках. На рис.2 представлена та же станина, но с отъемными корпусами подшипников. Для правильной установки подшипников в этом случае достаточно только правильно обработать плоскость под корпуса подшипников, что значительно проще, чем расточка, которая необходима в предыдущем варианте.

На рис.9.25-3,4,,6 представлены примеры облегчения механической обработки путем замены цельной конструкции детали на сварную, состоящую из двух деталей.

Составные конструкции применяют, когда стремятся получить местное качество

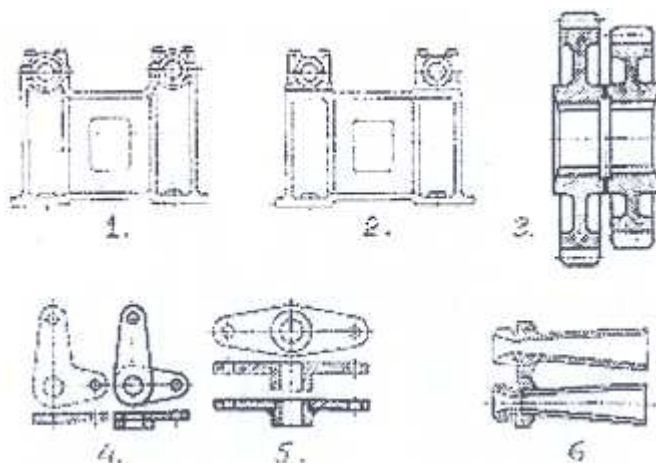


Рис.9.25

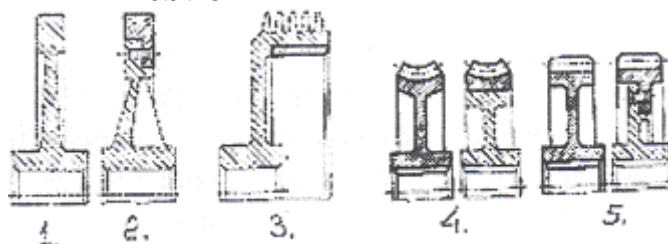


Рис.9.26

На рис. 9.26-1 представлен цельный диск, нагруженный по наружному диаметру. Для облегчения конструкции его можно изготовить из алюминиевого сплава, а в месте, подверженному действию сил, приклепать обод (рис.2). Аналогичный прием использован в конструкции тормозного барабана: чтобы облегчить конструкцию барабан изготавливается из алюминиевого сплава, а в месте, подверженному износу запрессована стальная закаленная втулка (рис.3). Особенно часто составные конструкции применяют в зубчатых колесах. На

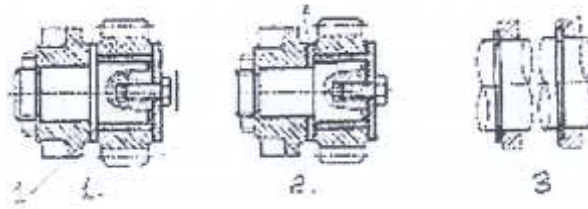


Рис.9.27

На рис.4 представлено составное червячное колесо, у которого ступица изготовлена чугуновой, а венец, на котором нарезаны зубья, изготовлен из антифрикционной бронзы в соответствии с требованиями к работе червячного зацепления. На рис.5 представлено составное зубчатое колесо, у которого ступица изготовлена чугуновой, а венец - из высококачественной стали.

Чтобы закончить этот далеко не полный обзор приемов при конструировании, нам остается обсудить необходимость выступов на валах (они называются буртиками) и вопросы, относящиеся к конструкции закруглений в местах перехода от одного диаметра вала к другому (такие переходы называются галтели) и, наконец, дать рекомендации о необходимости притупления внешних углов детали (эти притупления называются фасками). Мы останавливаемся на этих "мелких" элементах конструкции, чтобы показать, что при конструировании нет мелочей: все в конструкции должно быть осмысленно и рационально.

Буртики на валах применяют для фиксации деталей в осевом направлении. Высоту буртика следует выбирать минимально возможной, т.к. чем выше буртик, тем больший отход металла в стружку при точении и тем большая трудоемкость изготовления. В арсенале конструктора имеется много приемов, чтобы уменьшить высоту буртика. На рис. 9.27-1 буртик 1 служит для затяжки оси в корпусе и фиксации зубчатого колеса в осевом направлении. Это последнее назначение буртика определяет его высоту. На рис.2 буртик уменьшен до минимума, но применена шайба 2.

Достаточно часто буртиком является разъемное пружинное кольцо, которое устанавливается в проточку вала (рис.3). Однако такая конструкция не всегда применима, поскольку проточка в валу создает в этом месте концентрацию напряжений, что опасно при циклической нагрузке.

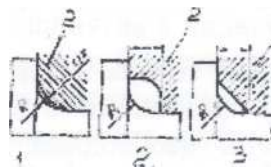


Рис. 9.28

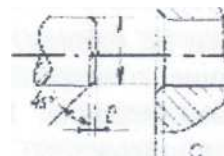


Рис. 9.29

Галтель - закругление радиуса R. при переходе от одного диаметра вала к другому - должна быть согласована с деталью, которая к ней припасовывается. На рис. 9.28 показаны варианты конструкции, в которых галтель не мешает установке детали 2 на вал (на рис.1 в детали 2 выполнено закругление радиуса большего, чем радиус галтели, на рис.2 и 3 в детали 2 выполнены либо проточка, либо снята фаска). Устройство галтелей преследует самые различные цели: уменьшение концентрации напряжений, повышение стойкости инструмента при точении, улучшение внешнего вида и др.

Фаски - притупления углов детали (рис. 9.29)- выполняют под углом 45°; катет фаски для деталей общего назначения определяют из соотношения

$$c \cong 0,1\sqrt{D}$$

где D - диаметр вала.

Назначение фаски самые разнообразные: предотвращение травмы руки об острые кромки, облегчение сборки и др.

