Принципы конструирования

1. ЗАДАЧИ КОНСТРУИРОВАНИЯ

Задача конструктора состоит в создании машин, полно отвечающих потребностям промышленности или сельского хозяйства, дающих наибольший экономический эффект и обладающих наиболее высокими технико-экономическими и эксплуатационными показателями.

Главными показателями являются: высокая производительность, экономичность, прочность, надежность, малая масса и металлоемкость, габариты, энергоемкость, объем и стоимость ремонтных работ, расходы иа оплату труда операторов, высокий ресурс долговечности и степень автоматизации, простота и безопасность обслуживания, удобство управления, сборки и разборки.

Проектируя машину, конструктор должен добиваться всемерного увеличения ее рентабельности и повышения экономического эффекта за весь период работы. Величина экономического эффекта зависит от обширного комплекса технологических, организационно-производственных и эксплуатационных факторов.

2. **ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ КОНСТРУИРОВАНИЯ МАШИН**

Экономический фактор играет первостепенную роль в конструировании. Частности конструкции не должны заслонять основной цели конструирования — ***увеличения экономического эффекта машин***.

Экономический эффект определяется величиной полезной отдачи машины и суммой эксплуатационных расходов за весь период работы машины. Стоимость машины является только одним не всегда главным, а иногда и очень незначительным составляющим этой суммы.

Экономически направленное конструирование должно учитывать весь комплекс факторов, определяющих экономичность машины и правильно оценивать относительное значение этих факторов.

Главными факторами, определяющими экономичность машин, являются величина полезной отдачи машины, долговечность, надежность, расходы на оплату труда операторов потребление энергии и стоимость ремонтов.

Коэффициент использования машины представляет собой отношение времени фактической работы машины за определенный период к длительности этого периода.

$$\eta_{ИСП} = \frac{h}{H}$$

H — период эксплуатации машины, h — фактическое время работы машины за этот период

Если машина работает до полного исчерпания своего механического ресурса, то h представляет собой ***долговечность*** машины D (общую возможную ее наработку за период эксплуатации). Тогда

$$\eta_{ИСП} = \frac{D}{H}$$

Величина $\eta_{ИСП}$ для машин, работающих по календарному режиму, зависит главным образом от:

1) числа рабочих смен и

2) холостого времени (простои из-за неисправностей машины, недогрузка из-за нарушений производственного ритма).

Рентабельность машины q выражается отношением ***полезной отдачи*** машины ***От*** за определенный период к ***сумме расходов Р*** за тот же период

$$q = \frac{От}{Р}$$

Сумма расходов в общем случае складывается из стоимости: Эи — расходуемой энергии, Мт — материалов и заготовок, Ин — инструмента, Тр — оплаты труда операторов, Об — технического обслуживания, Рм — ремонта, Нк — накладных цеховых и заводских расходов, Ам — амортизационных расходов

$$Р = Эи + Мт + Ип + Тр + Об + Рм + Нк + Ам$$

Величина q должна быть больше 1, иначе машина будет работать убыточно и смысл ее существования утрачивается.

Экономический эффект. Годовой экономический эффект от работы машины (годовой доход)

$$Q = Om - P = Om\left(1 - \frac{P}{Om}\right) = Om\left(1 - \frac{1}{q}\right)$$

где От — годовая отдача, руб/год;
Р — сумма эксплуатационных расходов, руб /год.

Суммарный экономический эффект ΣQ за весь период службы машины (общий доход) равен разности суммарной отдачи Σ*Om* и суммы расходов ΣР за период службы (в рублях)

$$\sum Q = \sum Om - \sum P$$

$$\sum Q = \sum Om - \left(\sum Эи + \sum Мт + \sum Ин + \sum Тр + \sum Об + \sum Нк + \sum Рм + \sum Ам\right)$$

Отдача машины и эксплуатационные расходы, за исключением ΣАм и ΣРм, пропорциональны продолжительности фактической работы h за период эксплуатации. Амортизационные расходы за период эксплуатации равны стоимости С машины. Ремонтные расходы не находятся в прямой зависимости от h их размер и периодичность определяются условиями эксплуатации и надежностью машины.

Выделяя факторы ΣPμ и ΣAм = C, получаем

$$\sum Q = h\left(Om - \left(Эи + Мт + Ин + Тр + Об + Нк\right)\right) - \sum Рм - C$$

Если машина работает до исчерпания механического ресурса (h = D)
то

$$\sum Q = D\left(Om - \left(Эи + Мт + Ин + Тр + Об + Нк\right)\right) - \sum Рм - C$$

Повышение отдачи может выражаться или в увеличении числа единиц продукции или в увеличении стоимости каждой единицы (повышение качества продукции, увеличение объема операции, выполняемых над заготовкой). В первом случае расход материалов и инструмента пропорционален отдаче: Мт + Ии = a*От, где a — доля стоимости материала и инструмента в стоимости продукции.
Накладные расходы принято выражать в долях трудовых затрат: Нк = b*Тр, где b — фактор пропорциональности.

$$\sum Q = D\left(Om\left(1 - a\right) - Эи + \left(1 + b\right)Тр + Об\right) - \sum Рм - C$$

Срок окупаемости $Н_{ок}$ определяется как период службы, при котором суммарный экономический эффект равен стоимости машины, т. е.

$$C = H_{ОК}\eta_{исп}\left(Оm - P\right) - Ам$$

где Р — годовые эксплуатационные расходы

$$P = Эи + Мт + Ин + Тр + Об + Нк$$

Расход на амортизацию за срок окупаемости

$$Ам = \frac{CH_{ОК}}{H} = \frac{CH_{ОК}\eta_{ИСП}}{D}$$

где Н — период службы машины.
После подстановки значения Ам в уравнение получаем

$$H_{ОК} = \frac{C}{\eta_{ИСП}\left(Оm - P - \frac{C}{D}\right)}$$

3. МЕТОДИКА КОНСТРУИРОВАНИЯ

Исходными материалами для проектирования могут быть следующие:

- техническое задание, выдаваемое планирующей организацией или заказчиком, и определяющие параметры машин, область и условия ее применения;
- техническое предложение, выдвигаемое в инициативном порядке проектной организацией или группой конструкторов;
- научно-исследовательская работа или созданный на ее основе экспериментальный образец;
- изобретательское предложение или созданный на его основе экспериментальный образец;
- образец зарубежной машины, подлежащий копированию или воспроизведению с переделками.

К техническим заданиям необходимо подходить критически. Конструктор должен хорошо знать отрасль промышленности, для которой проектируют машину. Он обязан проверить задание и в нужных случаях обоснованно доказать необходимость его корректирования.

Машины с неправильно выбранными, заниженными параметрами, основанные на шаблонных решениях, не обеспечивающие технического прогресса, несовместимые с новыми представлениями о роли качества,- надежности и долговечности, устаревают уже к началу серийного выпуска. **Конструктивная преемственность** — это использование при проектировании предшествующего опыта машиностроения данного профиля и смежных отраслей, введение в проектируемый агрегат всего полезного, что есть в существующих конструкциях машин

Полезно составлять графики, отображающие изменение по годам главных параметров машин (мощность, производительность, массу и т. д.). Анализ таких графиков и их экстраполяция позволяют составить довольно четкое представление о том, каковы будут параметры машин и их конструкция через несколько лет.

Выбору параметров будущей машины должно предшествовать полное исследование всех факторов, определяющих жизнеспособность машины. Необходимо изучить опыт выполненных зарубежных и отечественных машин, провести сравнительный анализ их достоинств и недостатков, выбрать правильный прототип, выяснить тенденции развития и потребности данной отрасли машиностроения.

ИЗУЧЕНИЕ СФЕРЫ ПРИМЕНЕНИЯ МАШИН

Проектированию машин, предназначенных для определенной отрасли промышленности, должно предшествовать тщательное изучение этой отрасли, динамики ее количественного некачественного развития, потребностей в данной категории машин и вероятности появления новых технологических процессов и методов производства.

При выборе параметров машины необходимо учитывать конкретные условия ее применения. Нельзя, например, произвольно увеличивать про изводительность машины, не учитывая производительности смежного обо рудования. В некоторых случаях машины с повышенной производитель ностью могут оказаться в эксплуатации недогруженными и будут больше простаивать, чем работать.

ВЫБОР КОНСТРУКЦИИ

При выборе параметров машины, основной схемы и типа конструкции в центре внимания должны быть факторы, определяющие экономическую эффективность машины,—высокая полезная отдача, малые энергопотребление и расходы на обслуживание, низкая стоимость эксплуатации и длительный срок применения. Схему машины обычно выбирают путем параллельного анализа нескольких вариантов, которые подвергают тщательной сравнительной оценке со стороны конструктивной целесообразности, совершенства кинематической и силовой схем, стоимости изготовления, энергоемкости, расходов на рабочую силу, надежности действия, габаритов, металлоемкости и массы, технологичности, степени агрегатности, удобства обслуживания, сборки-разборки; осмотра, наладки регулирования.

Следует выяснить, в какой мере схема обеспечивает возможность последующего развития, форсирования и совершенствования машины, образования на базе исходной модели производных машин и модификаций.

Не всегда удается найти решение, полностью отвечающее поставленным требованиям. Дело не в недостатке изобретательности, а в противоречивости выдвигаемых требований. В таких случаях приходится идти на компромиссное решение и поступаться некоторыми из них, не имеющими первостепенного значения в данных, условиях применения машины.
Нередко приходится выбирать вариант, не столько имеющий наибольшие достоинства, сколько обладающий наименьшими недостатками.

После выбора схемы и основных показателей агрегата разрабатывают компоновку, на основе которой составляют эскизный, технический и рабочий проекты.

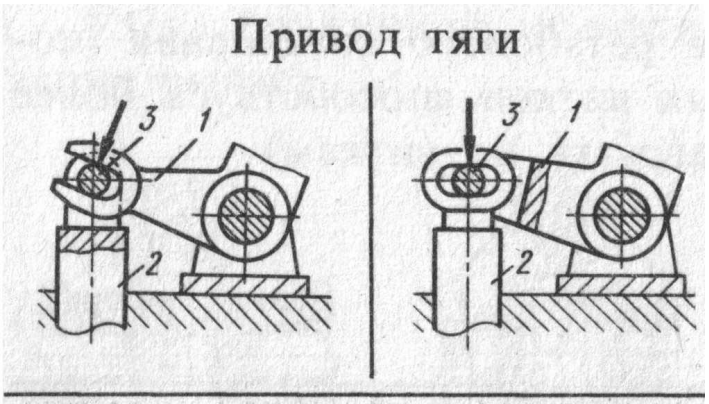
МЕТОД ИНВЕРСИИ

Среди приемов, облегчающих сложную работу конструирования, видное место занимает метод инверсии (обращение функций, форм и рас положения деталей).

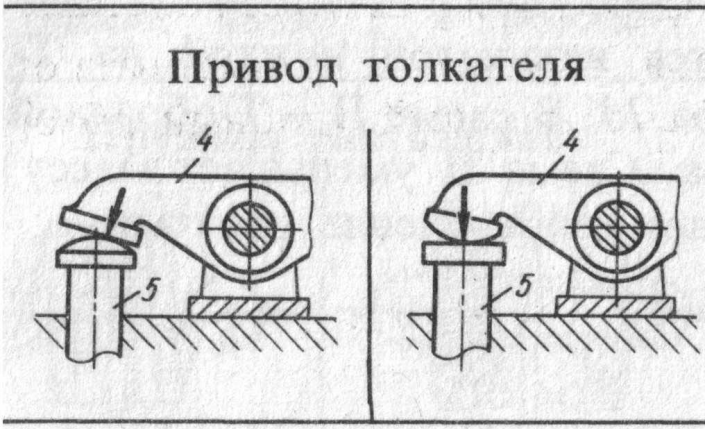
В узлах иногда бывает выгодным поменять детали ролями, например ведущую деталь сделать ведомой, направляющую — направляемой, охватывающую — охватываемой; неподвижную — подвижной. Целесообразно иногда инвертировать формы деталей, например наружный конус заменить внутренним, выпуклую сферическую поверхность вогнутой. В других случаях оказывается выгодным переместить конструктивные элементы с одной детали на другую, например шпонку с вала на ступицу.

Каждый раз конструкция при этом приобретает новые свойства. Дело конструктора — взвесить преимущества и недостатки исходного и инвертированного вариантов с учетом прочности, технологичности, удобства эксплуатации и выбрать наилучший из них.

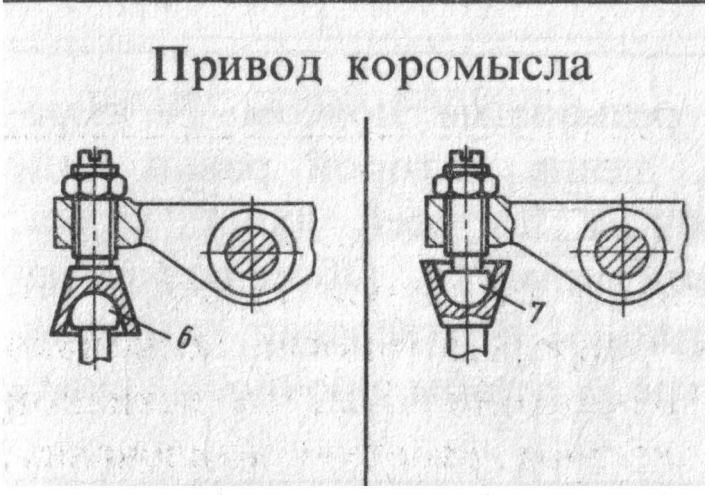
Рассмотрим примеры инвертирования нескольких машиностроительных узлов



В схеме I рычаг 1 приводит в действие тягу 2 через ось 3, установленную в вилке тяги. В схеме II ось установлена в вилке рычага. Результат инверсии — устранение поперечных усилий на тягу. В конструкции по схеме II затруднительна обработка проушины тяги



В схеме I боек коромысла 4 плоский, тарелка толкателя 5 — сферическая, в схеме II- наоборот. Инверсия устраняет поперечные нагрузки на толкатель. Боек можно выполнить цилиндрическим, что обеспечивает линейный контакт



В схеме I тяга выполнена со сферическим наконечником 6, в схеме II сферическим выполнен боек 7 коромысла, Инверсия улучшает смазку сочленения (масло, находящееся в полости привода, скапливается в чаше тяги)

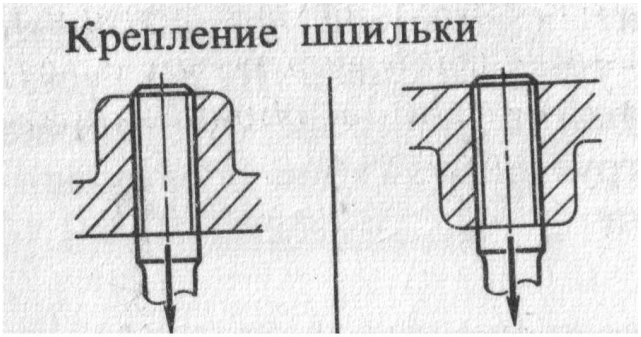


Схема II повышает прочность резьбового соединения (податливость бобышки у начальных витков способствует более равномерному распределению нагрузки по виткам)

КОМПОНОВАНИЕ

Компонование обычно состоит из двух этапов: эскизного и рабочего. В **эскизной компоновке** разрабатывают основную схему и общую конструкцию агрегата (иногда несколько вариантов). На основании анализа эскизной компоновки составляют **рабочую компоновку**, уточняющую конструкцию агрегата и служащую исходным материалом для дальнейшею проектирования.

При компоновании важно уметь выделить главное из второстепенного и установить правильную последовательность разработки конструкции. Попытка скомпоновать одновременно все элементы конструкции является ошибкой.

Компоновку следует начинать с решения главных вопросов — выбора рациональных кинематической и силовой схем, правильных размеров и формы деталей, определения наиболее целесообразного взаимного их расположения. При компоновании надо идти от общего к частному, а не наоборот.

Основное правило компонования — разработка вариантов, углубленный их анализ и выбор наиболее рационального.

В процессе компонования необходимо производить расчеты, хотя бы ориентировочные и приближенные. Основные· детали конструкции должны быть рассчитаны на прочность и жесткость.

Неправильно всецело полагаться и на расчет. Во-первых, существующие методы расчета на прочность не учитывают ряда факторов, определяющих работоспособность конструкции. Во-вторых, необходимые размеры деталей зависят не только от прочности, но и от других факторов. Конструкция литых деталей определяется в первую очередь требованиями литейной технологии. Для механически обрабатываемых деталей следует учитывать сопротивляемость усилиям резания и придавать им необходимую жесткость итд

Необходимое условие правильного конструирования - постоянно иметь в виду вопросы изготовления и с самого начала придавать деталям технологически целесообразные формы.

Компоновку необходимо вести на основе нормальных размеров (диаметры посадочных поверхностей, размеры шпоночных и шлицевых соединений, диаметры резьб и т.д.).

Одновременно следует добиваться максимальной унификации нормальных элементов. Элементы, неизбежные по конструкции главных деталей и узлов, рекомендуется использовать в остальных частях конструкции.

При компоновании должны быть учтены все условия, определяющие работоспособность агрегата, разработаны системы смазки, охлаждения, сборки-разборки, крепления агрегата и присоединения к нему смежных деталей (приводных валов, коммуникаций, электропроводки); предусмотрены условия удобного обслуживания, осмотра и регулирования механизмов; выбраны материалы для основных деталей; продуманы способы повышения долговечности, увеличения износостойкости трущихся соединений, способы защиты от коррозии; исследованы возможности форсировки агрегата и определены ее границы.