

**И.Т. Глебов**

**РЕШЕНИЕ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ**  
**Проектирование деревообрабатывающего**  
**оборудования**

**И.Т. Глебов**

**РЕШЕНИЕ ТВОРЧЕСКИХ ЗАДАЧ**  
**Проектирование деревообрабатывающего**  
**оборудования**

Учебное пособие

Екатеринбург 2014

УДК 674.05/059(075.8)

Рецензенты:

Новоселов В.Г. – канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой инновационных технологий и оборудования деревообработки Уральского государственного лесотехнического университета,

Глазырин В.В. – начальник патентного отдела Уральского государственного лесотехнического университета

**Глебов И.Т.**

Решение творческих задач. Проектирование деревообрабатывающего оборудования – 117 с., 41 рис. 3 табл.

Деревообрабатывающее оборудование рассматривается как техническая система, показаны признаки такой системы, эволюционное развитие станков. Приведены общие сведения о методологии и стадиях проектирования, показаны правила проектирования и конструирования машин, разработки вариантов проектируемых станков, их анализа. Рассмотрена методика разработки вариантов решения технической задачи с использованием методов технического творчества. Особое внимание уделено применению метода выявления и разрешения технического противоречия. Разобраны примеры решения творческих задач и подготовки вариантов решения задачи. Рассмотрен пример оценки выбранных вариантов и выбора наилучшего, рационального решения технической задачи.

Книга адресована бакалаврам и магистрам по направлению подготовки 151000 «Технологические машины и оборудование», а также специалистам лесопромышленного комплекса.

УДК 674.05/059(075.8)

© И.Т. Глебов, 2014

## Введение

Потребности современных людей требуют производства большого количества разнообразных и высокоэффективных машин. Процесс создания таких машин в большей степени становится наукоемким и коллегиальным, когда в разработке машин используется большой объем знаний и принимает участие большой коллектив разнообразных специалистов. Машины становятся все более разнообразными, технически сложными, сроки их создания и старения сокращаются. Так количество различных классов технических решений удваивается в среднем через каждые десять лет [1]. Сложность машин по числу деталей и узлов удваивается через 15 лет, а время создания машины при компьютеризации творческого труда сокращается в два раза через 25 лет. По этой же причине сокращается время морального старения машин. Объем используемой научно-технической информации удваивается через каждые восемь лет.

Бакалавры и магистры, которых готовят современные вузы лесотехнического профиля, получив соответствующие компетенции, установленные образовательным стандартом, способны применять базовые знания при проектировании и конструировании деревообрабатывающих машин. Для получения компетенций в вузах преподается учебная дисциплина «Проектирование деревообрабатывающего оборудования и дереворежущего инструмента». Важнейшим разделом учебной дисциплины являемся «Методология решения изобретательских задач».

Предмет и методы науки о проектировании деревообрабатывающего оборудования и дереворежущего инструмента. *Проектирование деревообрабатывающего оборудования и дереворежущего инструмента – это прикладная наука, использующая новые знания для создания и использования технологических машин и инструмента как единой технической системы.*

Проектирование оборудования – это обобщающее понятие процесса создания объектов техники. В узком смысле проектирование –

это только начальная стадия рождения объекта техники, которая завершается стадией конструирования.

В общем виде проектирование сводится к выявлению вариантов разрабатываемого объекта, после чего определяется оптимальный вариант, который и становится основой при конструировании.

Для подготовки вариантов объекта техники известно более 30 методов технического творчества, объединенных в следующие группы: мозгового штурма; морфологического анализа; контрольных вопросов; эвристических приемов; алгоритмов решения изобретательских задач; стандартов на решение изобретательских задач, выявления и разрешения технического противоречия [2].

Кроме указанных методов практикой проектирования и конструирования накоплено много правил и рекомендаций, в стране действуют ГОСТы.

*Целью науки* проектирование деревообрабатывающего оборудования и инструмента является непрерывное совершенствование эксплуатационных показателей и конкурентоспособности оборудования [3].

Выполнение поставленной цели достигается путем решения следующих главных задач:

- изучение функционирования системы «потребление – наука – техника – производство»;
- изучение порядка и правил проектирования;
- создание надежных расчетных методов;
- создание трудосберегающих информационных технологий;
- использование в техдокументации новой машины комплекса изобретений, относящихся к различным сборочным единицам и деталям машины.

При написании книги основной акцент делался на то, чтобы научить читателя находить изобретательские решения задачи. Для этого в книге приведено много примеров решения изобретательских задач.

Изучение данного учебного пособия позволит читателю составить общее представление о том, как проектируются новые машины.

## 1. Техническая система

### 1.1. Генезис теории проектирования

В теории создания технических объектов к 1970 г. в мировой практике сложилось два подхода: отечественный, названный **комплексным подходом**, и американский, названный **системным подходом** [4].

*Комплексный подход* базируется на диалектическом материализме и требует объективного, конкретного и всестороннего (комплексного) исследования объекта. Объект представляется в виде единого целого, состоящего из взаимосвязанных частей, объединенных в нем для выполнения общей целевой функции. Качественные и количественные параметры объекта оцениваются комплексно.

*Системный подход* рассматривает объект исследования как систему, а процесс исследования – системным. Понятие системы отражает закон материалистической диалектики о взаимосвязи и взаимообусловленности, целостности и организованности мира. Это значит, что при исследовании объекта невозможно понять целое, суммируя знания о его частях, и нельзя понять часть, не опираясь на знания о целом.

Понятие системного исследования опирается на принцип диалектики об объективном, всестороннем и конкретном исследовании, когда сочетается анализ и синтез.

Системный подход раскрывает суть основного закона диалектики и предписывает рассматривать исследуемые объекты как системы, состоящие из взаимосвязанных частей.

*Таким образом, системный подход, как и комплексный подход, опирается на основной закон диалектики и позволяет глубже понять общеметодологический смысл его требований к практической деятельности. Оба подхода в отечественной практике считаются эквивалентными. Нередко отмечается, что при принятии ответственных решений принимается комплексный, системный подход. Однако оба*

подхода не отражают всю совокупность принципов диалектики. Их нельзя рассматривать как самые универсальные и базовые методы создания современной техники.

**Кибернетический подход.** В последние годы обращается внимание на то, что универсальный подход проектирования современной техники, оставаясь комплексным, должен включать в себя системный подход, эволюционный и управленческий подходы. Так был создан **кибернетический подход**.

Научным фундаментом кибернетического подхода является кибернетика. Основоположник кибернетики Н. Винер в 1948 г. определил кибернетику как науку об управлении и связи в животном и машине. Развитие кибернетики в СССР пошло по другому пути. При определении кибернетики на первое место выдвигались законы получения, хранения и передачи информации (А.Н. Колмагоров, В.М. Глушков).

*С позиций инженерно-кибернетического подхода объекты техники рассматриваются как технические системы, которые эволюционно развиваются и преобразуются путем управленческого воздействия на них.*

Основой кибернетического подхода является всеобщий метод познания – диалектический метод, который используется при исследовании любых объектов техники, указывая общий путь к истине. Диалектический метод познания включает в себя несколько принципов. Важнейшим из них является историзм, эволюционное развитие исследуемых объектов техники. Следующий принцип диалектики предписывает всестороннее рассмотрение, изучение объекта с разных сторон, изучение всех его связей, отношений с другими объектами. Третий принцип указывает на объективность, конкретность, проверяемость знания практикой [5]. Все эти принципы реализуются в кибернетическом подходе создания современной техники.

## **1.2. Понятие технической системы**

Жизнь современного человека неразрывно связана с техническими объектами.

*Техническим объектом называют созданные человеком реально существующие устройство, способ, материал, предназначенные для удовлетворения определенных потребностей [6].*

*Потребность – это физиологическое или психологическое ощущение недостатка чего-либо.* По классификации А. Маслоу можно выделить следующие виды потребностей человека:

- физиологические потребности (пища, вода, жилье, отдых, здоровье, защита от боли и т.д.);
- потребность в безопасности, уверенности в будущем;
- потребность принадлежать к какой-то общности (семье, компании людей, единомышленников и др.);
- потребность в уважении, признании;
- потребность в самореализации.

Потребность нельзя непосредственно наблюдать или измерять. О ее существовании можно судить только по поведению людей. Потребность побуждает людей к совершению определенных действий. При удовлетворении потребности человек ощущает положительные эмоции, чувство облегчения, благополучия, снятия напряжений.

Потребность в техническом объекте (общественная или техническая) соответствует функциональному назначению или цели создания объекта. Понятие потребности всегда связано с человеком, поставившим цель реализации потребности и выполняющим проектирование и изготовление технического объекта.

Все технические объекты состоят из **элементов**, представляющих собой неделимые части целого. Если функционирование одного элемента технического объекта влияет на функционирование другого элемента, то такие технические объекты (в отличие от агрегатов) принято называть *техническими системами (ТС)*.

*Техническая система – это совокупность взаимосвязанных элементов технического объекта, объединенных для выполнения определенной функции, обладающая при этом свойством, превышающим сумму свойств отдельных элементов.*

Специалисты шутят: для обычных людей  $2 + 2 = 4$ , а для системников – 4 и еще кое-что. Это выходящее за рамки здравого



смысла «еще кое-что» есть результат давно замеченного дополнительного эффекта системы: объединение различных факторов в целое способно рождать новое качество, недоступное ни одному из них, взятому отдельно. Например, возьмем три элемента: трубопровод с потоком ацетилена, трубопровод с потоком кислорода и корпус. Объединив их в единое целое, получим газовую горелку. Ее суммарный эффект равен сумме эффектов указанных элементов, да еще кое-что. Это «еще кое-что» есть факел пламени с высокой температурой, способный резать металл.

### **1.3. Правила, характеризующие систему**

Реализацию системного подхода при проектировании оборудования можно свести к выполнению следующих правил [1].

1. *Правило целостности.* Свойства системы не сводятся к сумме свойств ее элементов. Из свойств элементов системы нельзя вывести свойства системы.

2. *Правило структурности.* Структура системы машины (конструкция машины) есть сеть связей и отношений системы. Существование системы обусловлено ее отдельными элементами (детальями, сборочными единицами) и свойствами ее структуры.

3. *Правило взаимозависимости системы и среды.* Система формирует и проявляет свои свойства в процессе взаимодействия со средой.

4. *Правило иерархичности.* Для каждой системы можно выделить подсистему и надсистему.

5. *Правило множественности описания системы.* В техническом решении можно выделить системы и агрегаты. В системах функционирование одного узла влияет на функционирование другого узла, а в агрегатах – не влияет.

### **1.4. Типы технических систем**

Элементы, образующие техническую систему, только относительно неделимые части целого. Например, деревообрабатывающий станок включает много сложных частей: станину, механизмы главно-

го движения, подачи, базирования, регулирования, настройки, управления и приводы. В то же время в системе «деревообрабатывающий цех» с большим количеством разнообразных станков отдельный станок можно считать элементом, т. е. неделимым целым. В связи с этим по отношению к системе «станок» «деревообрабатывающий цех» называют **надсистемой**, а выше перечисленные части станка – **подсистемами**. Для любой системы можно выделить подсистему и надсистему. Для системы «механизм главного движения станка» части корпус подшипников, вал, режущий инструмент будут подсистемами, а станок – надсистемой. Для системы «лесопильный цех» можно выделить более крупную часть надсистему «деревообрабатывающий комбинат» (на комбинате функционируют несколько цехов) и более мелкую часть «круглопильный станок» (в цехе работает много различных станков). Для системы «лес» можно выделить надсистему «биосфера» и подсистему «дерево».

Некоторые системы выполняют по отношению к данной системе противоположные функции. Их называют **антисистемами**. Например, надводный корабль и подводная лодка, двигатель и тормоз – это объекты, функционирующие наоборот.

Для транспортировки нефти и газа используются трубопроводы нагнетательные и всасывающие, которые работают по принципу наоборот. Если продукты транспортируются по всасывающей трубе, разряжение давления в которой создается компрессорной станцией на приемном участке трубопровода, то утечка продуктов в случае аварии снижается. В области домостроения, например, современные архитекторы смело выставляют наружу то, что раньше пряталось внутри здания – каркас коммуникации, инженерные системы. Напоказ выставляются застекленные эскалаторы, трубы отопительных, водопроводных систем.

### 1.5. Структура технических систем

Цель создания и функционирования технической системы называют главной полезной функцией системы (ГПФ) [2, 6].

**Функция** – это внешнее проявление свойств, выраженное в действии, определенном назначении системы. Понятие функции всегда связано с технической системой, реализующей потребность.

Для реализации ГПФ в системе выполняется **техническая функция** (ТФ). Она распознается по способу физического превращения, преобразования (соединения, передачи) входного потока вещества, энергии, информационных сигналов в выходной поток. Техническая функция позволяет ответить на вопросы что, как, во что преобразуются входные потоки. Например, в системе «светильник» входной поток электрического тока преобразуется в выходной световой поток, а в системе «автомобиль» входной поток топлива преобразуется в движение автомобиля.

Большинство технических систем состоит из нескольких частей, узлов. Каждая часть выполняет свою главную функцию и реализует свою техническую функцию. Части, образуя техническую систему, неразрывно функционально связаны между собой и создают **функциональную структуру** (ФС).

*Структура – это устойчивая закономерная связь между элементами системы, отражающая расположение элементов и характер взаимодействия их сторон и свойств.* Структура делает систему некоторым качественно определенным целым, отличным от суммы качеств составляющих ее элементов. *Структура – это сеть связей и отношений системы.*

**Функциональная структура** – важнейшая характеристика технической системы, так как при одном и том же составе элементов, но при различном их взаимодействии меняются способности системы, ее функции.

Особенности использования в технической системе физических законов, закономерностей, физических эффектов и явлений, направленных на выполнение главной полезной функции, составляют **физический принцип действия** (ФПД) системы. Это важнейшая характеристика ТС, по которой различают средства выполнения одной и той же функции. Например, функцию “транспортровка груза в воздушной среде” можно осуществить дирижаблем, самолетом, вертолетом,

ракетой. ФПД этих систем разный, хотя они выполняют одну функцию. В дирижабле используется физический закон движения горячих, легких газов. В самолете и вертолете реализуется закон образования подъемной силы на теле особой формы при движении его в воздухе с углом атаки. В ракете используется принцип реактивного движения.

Для наглядности ФПД изображают в виде графа, вершинами которого служат элементы системы, а ребрами – входные и выходные потоки вещества, энергии и сигналов. На рис. 1 приведена схема тензометрического динамометра, в табл. 1 – описание ФПД, а на рис. 2 – схема ФПД.

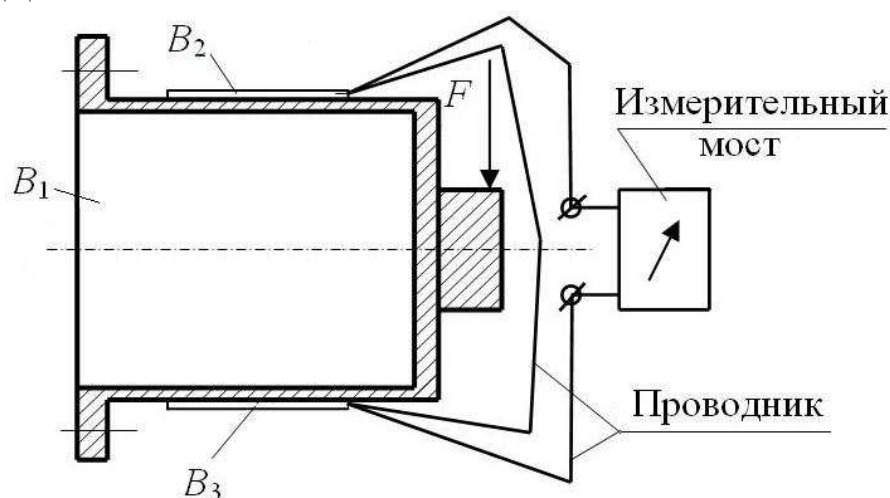


Рис. 1. Динамометр тензометрический

Тензометрический динамометр включает упругий элемент  $B_1$ , наклеенные проволочные тензорезисторы  $B_2$  и  $B_3$ , соединенные проводниками и подключенные к измерительному мосту с источником электрического тока.

При работе под действием внешней силы стенки упругого элемента вместе с тензорезисторами (датчиками) деформируются (верхние растягиваются, нижние сжимаются) и тензорезисторы изменяют свое электрическое сопротивление. На диагонали измерительного моста возникает разность потенциалов, пропорциональная величине силы, которая измеряется электрическим прибором.

Таблица 1

Описание физического принципа действия динамометра тензометрического

Техническая функция	Входной поток	Элементы ТС	Выходной поток	Используемые физические законы
Деформирование упругого элемента $B_1$	Сила $F$	$B_1$	Упругие деформации $C_1$ -растяжение $C_2$ – сжатие	Закон Гука
Изменение электрического сопротивления датчиков $B_2$ и $B_3$	Деформации $C_1$ $C_2$	Проволочные датчики $B_2$ $B_3$	Электросопротивление $R_1$ $R_2$ $R_1 > R_2$	Деформация – изменение сопротивления

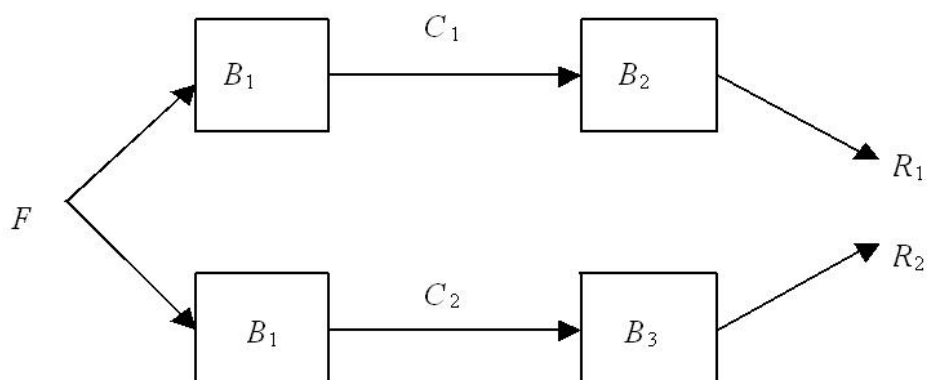


Рис. 2. Схема ФПД тензометрического динамометра

Конструктивное оформление ФПД или ФС представляет **техническое решение** (ТР) системы.

Завершающей стадией разработки технической системы является **проект** (П). В нем указывают значения параметров системы и ее элементов, а также приводят всю необходимую информацию для изготовления и эксплуатации технической системы. Здесь под проектом понимается техническая документация, разработанная на различных стадиях: технического предложения, эскизного проекта, технического проекта и разработки рабочей документации.

## 1.6. Иерархия творческих технических задач

**Уровни описания технических систем.** Создание любой технической системы происходит путем последовательного определения и словесного описания следующих ее частей: потребности, технической функции, физической структуры, физического принципа действия, технического решения и проекта. Эти части можно расположить на различных уровнях вертикального столба (рис. 3). Самая главная часть – это потребность. Расположена она на самом верхнем уровне 1. На нижнем уровне 6 расположена часть с названием «проект». При работе над системой каждому ее уровню дают словесное описание. Описание начинают с потребности. При этом каждый последующий уровень описывают с иерархической соподчиненностью, при которой каждое описание нижележащего уровня делается более детальным, и включает в себя описание вышерасположенных уровней.

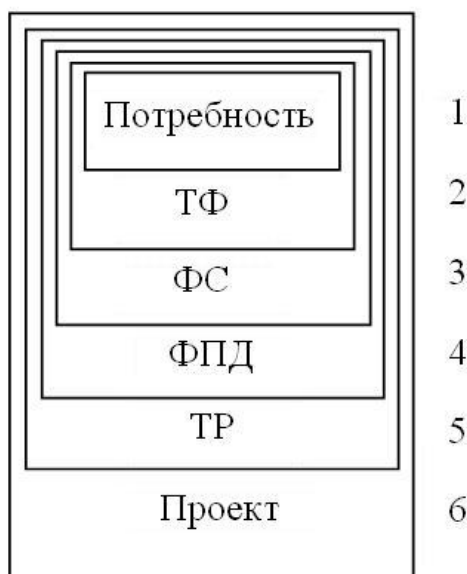


Рис. 3 Иерархия описаний уровней

**Разработка новых технических систем.** При разработке новой технической системы выбирают аналог из числа известных систем и в нем совершенствуют содержание частей одного или нескольких уровней.

*Задачи уровня 1.* В задаче формулируется новая потребность, уточняются условия и ограничения ее реализации. Находится новая

проблема, иногда непонятная для подавляющего большинства специалистов.

*Задачи уровня 2.* Для реализации одной и той же потребности существует несколько альтернативных ТФ. Проектировщику предстоит найти их и выбрать перспективную из них.

*Задачи уровня 3.* Для одной и той же технической функции можно найти несколько функциональных альтернативных структур. При поиске разрабатываемую техническую систему разбивают на узлы с указанием их функций. Затем проводят функционально-структурный анализ, который начинают с наиболее важных функций. По источникам информации находят известные узлы функционального идентичного назначения и из них составляют ТС с новыми функциональными связями.

*Задачи уровня 4.* Каждая функциональная структура системы может быть реализована на основе различных физических принципов действия. В задаче требуется найти варианты технической системы с применением различных физических законов, закономерностей и явлений. Накопленные варианты анализируются при принятии решений.

*Задачи уровня 5.* Один и тот же физический принцип действия может быть реализован большим числом вариантов технических решений. Решение задачи сводится к разработке различных вариантов и выбору лучших.

*Задачи уровня 6.* По каждому техническому решению с изменением параметров в заданном пространстве можно подобрать множество альтернативных вариантов проектов технической системы. Задача проектировщика сводится к тому, чтобы, используя оптимизационные методы, найти наилучший вариант проекта.

С повышением уровня задач от 6 до 1 трудность их решения возрастает, но и экономический эффект от результатов их внедрения увеличивается. В технических вузах учат решать задачи шестого уровня. Это простейшие задачи. Они решаются в соответствии с требованиями стандартизации, унификации.

Практически современный инженер с вузовской подготовкой умеет решать задачи 5-го и 6-го уровней. Решение задач более высокого уровня требует специальной подготовки инженеров по овладению методами научно-технического творчества, методами активизации творческого процесса, знаниями и умениями применять на практике физические законы, закономерности и явления.

### **Контрольные вопросы и задания**

1. Дайте характеристику комплексного подхода в создании новой техники.
2. Какой подход в создании техники называется системным?
3. Какой подход называется кибернетическим?
4. Дайте определение понятия «техническая система».
5. Приведите примеры понятий «надсистема – система – подсистема», «система – антисистема».
6. По схеме тензометрического динамометра опишите его структуру.
7. Приведите иерархию описаний уровней технических систем.

### **1.7. Жизненный цикл образцов технических систем**

Период создания и функционирования образцов технических систем характеризуется их жизненным циклом. Начинается жизненный цикл с момента начала разработки образца и заканчивается снятием его с производства и утилизацией. Типовая структура жизненного цикла образца технической системы приведена на рис. 4.

Цикл разработки включает в себя научно-исследовательские (НИР) и опытно-конструкторские работы (ОКР) по созданию новых образцов, которые должны прийти на смену прототипам.

Научно-исследовательские работы могут проводиться на базе технических заданий, выдаваемых заказчиком. Они включают теоретические и экспериментальные исследования и заканчиваются отчетом по теме.



Жизненный цикл			
Промышленный цикл		Функциональный цикл	
Разработка	Производство	Эксплуатация	Целевое применение

Рис. 4. Типовая структура жизненного цикла объекта техники

В ходе опытно-конструкторских работ ведется проектирование, изготовление опытного образца, натурные испытания и сдача в серийное производство нового образца разработанной технической системы.

**Проектирование** – начальная стадия ОКР. Проектирование – творческий процесс, в ходе которого формируется конкретный облик и основные характеристики нового образца ТС. При этом принимаются все проектно-конструкторские, технологические, эксплуатационные, организационные и другие решения, необходимые для реализации всего жизненного цикла образца ТС.

**Промышленный цикл** заканчивается производством объекта техники.

**Функциональный цикл** состоит из циклов эксплуатации и целевого применения. В цикл эксплуатации входят циклы ремонтные и обслуживания, когда объект техники находится в неработоспособном состоянии. В период цикла целевого применения изделие используется по прямому назначению, выполняет свою целевую функцию.

В общем виде жизненный цикл технической системы включает следующие этапы [7].

1. Изучение спроса и потребности в новом техническом объекте. Выполнение НИР.
2. Выдача технического задания на проектирование.
3. Комплекс проектных работ по всем стадиям проектирования.
4. Изготовление опытных образцов.
5. Испытания опытных образцов.
6. Доводка и исправление технической документации.
7. Подготовка производства.

8. Процесс производства.
9. Эксплуатация объекта техники.
10. Капитальный ремонт.
11. Эксплуатация после капитального ремонта.
12. Списание объекта (утилизация).

## 1.8. Техническая среда

*Технические системы рождаются, живут и умирают в окружающей их среде, которая включает промышленную и функциональную среды и называется промышленно-функциональной средой (ПФС).* Для различных видов технических систем ПФС рассматривается как подсистема.

В машиностроении рассматривают девять типов подсистем ПФС. Характеристика их приведена ниже.

**Научно-техническая подсистема ПФС** представляет собой научно-технический потенциал отрасли машиностроения, охватывает ее научный и инженерно-конструкторский потенциал. Научно-технический потенциал характеризуется сетью академических и отраслевых НИИ. Инженерно-конструкторский потенциал включает сеть опытно-конструкторских бюро и проектных организаций с экспериментальными, производственными и испытательными базами, а также кадрами инженерно-технических работников. На базе инженерно-конструкторского потенциала выполняются научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы.

**Производственно-технологическая подсистема ПФС** представляет собою производственно-технологический потенциал отрасли. Она включает совокупность служб заводов, занятых опытным и серийным производством образцов технических систем.

**Промышленно-экономическая подсистема ПФС** представляет собой сеть заводов изготовителей комплектующих узлов и деталей.

**Конкурирующая подсистема ПФС** состоит из различных альтернативных образцов объектов техники, например, импортных, которые могут заменить проектируемые.

*Существующая подсистема ПФС* охватывает ранее созданные образцы аналогичного назначения, выпуск которых продолжается.

*Естественная подсистема ПФС* характеризуется совокупностью факторов атмосферы, гидросферы, космоса и т.д.

*Обслуживающая подсистема ПФС* включает весь обслуживающий персонал, учебные заведения и центры, ремонтные заводы, базы технического обслуживания, которые необходимы для обеспечения функционирования образцов технических систем.

*Целевая подсистема ПФС* представляет собой совокупность потребителей на данной территории.

*Противодействующая подсистема ПФС* направлена на ограничение функциональных возможностей проектируемых систем. Роль противодействия выполняют различные ограничения нормативные, правовые, политические и т.д.

На каждом этапе жизненного цикла та или иная подсистема ПФС оказывает влияние на функционирование образца технической системы.

## **1.9. Эволюция технических систем**

Эволюцию технических систем рассмотрим на примере развития круглопильных дереворежущих станков. Под эволюцией станков понимается история их развития. Знание этой истории наилучшим образом ориентирует интуицию проектировщика и конструктора и помогает им выявить основные устойчивые связи, влияющие на развитие технического объекта. Знание истории часто подсказывает удачные идеи улучшения объекта, а пренебрежение закономерностями эволюции приводит к неудаче при проектировании.

Техническая эволюция – объективный процесс, в течение которого в объекте последовательно реализуются следующие основные функции: технологическая, энергетическая, управления и планирования [8]. Реализация в объекте технологической функции превращает его в рабочую машину, в которой все рабочие движения, необходимые для обеспечения технологической функции, выполняются вручную. Если рабочие движения обеспечивают обработку заготовки пу-

тем срезания с нее стружки, то такую рабочую машину называют станком.

При снабжении рабочих движений станка (главного, подачи, касательного и вспомогательных настроечных перемещений) энергетическими возможностями станок становится механизированным с получением движений от двигателей. Механизация станка облегчает физический труд рабочего, но не исключает его полностью. Операции управления станком (включение, выключение, регулирование режима работы, загрузки и съема заготовок) выполняются вручную.

Снабжение механизированного станка функцией управления превращает его в автомат. Такими являются станки с числовым программным управлением, при эксплуатации которых человек выполняет функции контроля, наладки, подготовки и замены управляющих программ.

В перспективе станки автоматы будут снабжаться функцией планирования, позволяющей выбирать нужную управляющую программу из числа предварительно разработанных и хранящихся на носителе программ.

Таков общий путь эволюции станков. В период эволюционного развития станки выполняют все большее количество функций и становятся сложнее, разнообразнее, производительнее. При этом развитие станков подчиняется следующему правилу: если новые станки способны более производительно выполнять функции, ранее выполняемые человеком, то они должны заменять человека.

**История развития.** Первый круглопильный станок для пиления древесины появился в Европе в 1777 г. [9]. Этапы изменения конструкций станков характеризуются поколениями. Новое поколение станков существенно отличается технико-экономическими показателями, надежностью, функциональными возможностями от станков, выпускающихся ранее. Развитие станков от поколения к новому поколению было связано с внедрением новых видов приводов. В станках использовались и используются следующие двигатели:

– водяное колесо, вращающееся потоком воды;

– паровая машина, преобразующая энергию водяного пара в механическую работу (разработана И.И. Ползуновым в 1763 г. и Дж. Уаттом в 1774-1784 г.г.);

– двигатель внутреннего сгорания (создан Э. Ленуаром в 1860 г.), который применяется в станках, эксплуатируемых на открытом воздухе или на передвижных станках, используемых в лесу для распиловки круглых лесоматериалов при выполнении рубок ухода, например;

– электрические двигатели переменного тока, используемые в механизмах главного движения, двигатели постоянного тока, обеспечивающие плавное регулирование скорости подачи, электромагниты, применяемые в тормозных системах станков;

– гидравлические двигатели, использующие энергию сжатой жидкости – это двигатели вращательного движения – гидромоторы и двигатели поступательного движения – гидравлические цилиндры, диафрагмы; гидравлические двигатели обеспечивают плавное регулирование скорости рабочего движения;

– пневматические двигатели, использующие энергию сжатого воздуха, – это пневмоцилиндры, диафрагмы, камерные (рукавные) двигатели.

Эволюционное развитие станков внутри поколения реализовывалось путем многочисленных модернизаций, улучшений, которые приводили к накоплению положительных свойств, выявлению главного технического противоречия, препятствующего дальнейшему развитию. Разрешение (устранение) технического противоречия позволяло создать новую конструкцию станка, существенно отличающуюся технико-экономическими показателями, надежностью, функциональными возможностями, т.е. создать новое поколение станков.

Темпы эволюционного развития станков зависят от социальной потребности и научно-технического уровня деревообрабатывающей отрасли страны.

Так в 30-х годах прошлого столетия страна остро нуждалась в шпалорезных станках. Тюменскому станкозаводу была поставлена задача организации выпуска таких станков. Своей технической доку-

ментации у завода не было. В 1928 г. за границей на золото был куплен шпалопильный станок модели «Тюнер» (см. сайт станкозавода). Были выполнены чертежи и необходимая для внедрения техническая документация. В 1929 г. была выпущена первая опытная партия (5 станков), а в 1930 г. было выпущено 430 шпалорезных станков. Станки позволяли выпиливать из круглых лесоматериалов шпалы, брусья, доски. Простота конструкции и обслуживания, невысокая цена обеспечили высокий спрос на станок. Конечно, технический уровень станков был не выше, чем у станка «Тюнер», однако социальная потребность деревообрабатывающей отрасли в станках удовлетворялась.

В послевоенный период в стране выпускались станки для продольной распиловки круглых лесоматериалов на брусья, шпалы и доски моделей ЦДТ-4 (круглопильный делительный с подачей бревна на тележке), ЦДТ-5, ЦДТ-6, ЦДТ-7, ША (шпалорезный автомат). Станок ЦДТ-5 предназначен для раскроя коротких бревен длиной 0,5 - 2,0 м. Станок ЦДТ-7 имеет двухвальный механизм главного движения: один пильный вал расположен под бревном, другой – над бревном [9, 10]. В последние годы для продольной распиловки бревен в России популярны финские станки KARA [8].

Основной недостаток круглопильных станков заключается в том, что неработающие зубья пилы перемещаются в пропиле. Это означает, что при любом отклонении траектории перемещения распиливаемого материала от прямой линии неработающие зубья будут врезаться в стенки пропила, ухудшая шероховатость обработанной поверхности, изменяя форму и размеры пиломатериала. В этих условиях исключительно важно соблюдать точность базирования распиливаемого материала, т.е. точность ориентирования заготовки относительно диска пилы и неизменность выбранного ориентирования в процессе пиления. Для базирования в станках предусмотрены плоские поверхности стола (станка или каретки) и направляющей линейки.

Наиболее точным считается неподвижное базирование, при котором главная технологическая база заготовки не перемещается относительно установочной базы станка. Такое базирование часто ис-

пользуется в торцовочных станках ЦКБ40, ЦПА40, ЦМЭ-3Б или в станках для продольного пиления с подачей распиливаемого материала на каретке, например, в шпалорезных станках, или в современных станках «БАРС», обеспечивающих индивидуальный раскрой бревен при угловом пилении. Однако, такие станки цикловые, периодического действия. Их производительность низкая.

Менее точным является скользящее базирование, при котором главная технологическая база заготовки скользит по установочной базе станка. Базирование используется в станках с непрерывной подачей заготовки. Станки отличаются высокой производительностью.

Для обеспечения непрерывной подачи в круглопильных станках используется вальцовый или гусеничный механизм подачи.

Вальцовый механизм подачи прост по конструкции, но вызывает перебазирование заготовки в процессе ее подачи. Вальцовый механизм подачи включает как минимум четыре вальца (подающих и прижимных), два из которых расположены перед пилой и два – за пилой. В работающем станке геометрические оси всех вальцов должны быть параллельны геометрической оси пильного вала. Выполнить это требование практически невозможно, в результате чего вальцы при подаче смещают заготовку вбок, вызывая ее перебазирование. В современных станках такое боковое смещение сознательно направляют в сторону направляющей линейки, в результате чего заготовка прижимается к линейке.

Гусеничный механизм подачи по сравнению с вальцовым обеспечивает более точное базирование заготовки. Однако он конструктивно более сложен и требует пристального внимания к износу направляющих гусеницы.

**Видовая форма эволюции.** Видовая техническая эволюция характеризуется изменениями структурных и квалиметрических параметров видов технической системы. Опираясь на опыт производства шпалорезных станков, в довоенный период был выпущен станок для продольного пиления пиломатериалов с вальцовой подачей модели ЦА (круглопильный с автоматической подачей). До 40-х годов в станке использовался один электродвигатель для привода механизмов

главного движения и подачи (в стране не хватало электродвигателей). Для привода механизма подачи производился отбор мощности с механизма главного движения. В станке ЦА-2 (рис. 5) используется уже два электродвигателя для привода механизмов резания и подачи. Скорость подачи регулируется ступенчато.

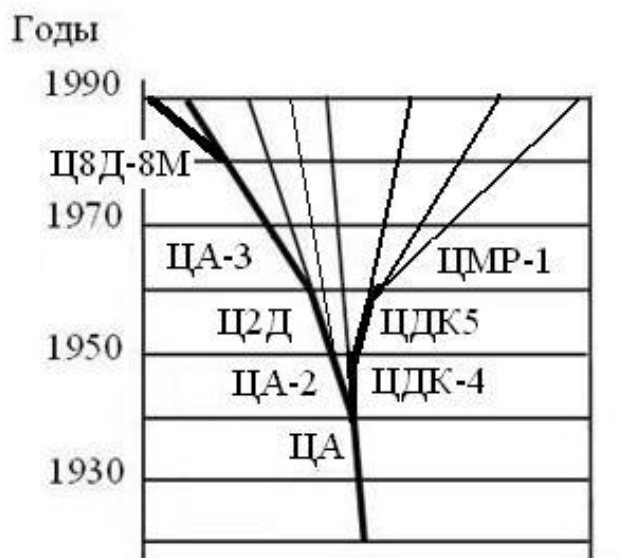


Рис. 5. Эволюция видов круглопильных станков

В станке ЦА-3 применен гидравлический привод механизма подачи, обеспечивающий плавное регулирование скорости подачи. Естественно предположить, что, если будет проектироваться новый станок типа ЦА, то в приводе его механизма подачи будет использован преобразователь частоты электрического тока.

На базе станка ЦА для нужд лесопильного производства для обрезки необрезных пиломатериалов созданы двухпильные обрезные станки модели Ц2Д. В настоящее время в промышленности используются обрезные станки Ц2Д-7А, Ц2Д-8, Ц2Д-1Ф, Ц3Д-7, Ц4Д-4.

Станок Ц8Д-8М предназначен для продольной распиловки брусьев на доски и бруски в лесопильных потоках. Количество пил до 8, механизм подачи вальцовый. В настоящее время в промышленности используются многопильные станки Ц5Д-8, Ц8Д-10, Ц8Д-11, Ц8Д-12, Ц12Д-1.



Начиная с 1948 г. начался выпуск станков с гусеничным механизмом подачи модели ЦДК-4 (однопильный), ЦДК-5 (пятипильный), ЦМР-1 (десятипильный).

На приведенном рисунке по оси ординат показана смена периодов времени, а расходящиеся ломаные линии, направленные снизу вверх, с отложенными на них отрезками жизненных циклов образцов, представляют собой эволюционные схемы развития различных видов. Диаграмма начинается от исходного образца и похожа на ствол дерева с ветвями. Ветви образованы сильными, устойчиво развивающимися видами технических объектов.

Круглопильный станок всегда рассматривался как объект, создающий опасность получения травм. Станки всегда снабжались элементами, предупреждающими получение травм: ограждениями, защитными кожухами, блокировочными контактами и др. В современных круглопильных станках для продольного пиления древесины всегда используются когтевые завесы и расклинивающие ножи.

Круглопильные станки являются мощным источником шума. Шум создается пилами, которые вибрируют, вызывая колебания воздуха. Еще совсем недавно все станки выполнялись раскрытыми. Все механизмы станка можно было видеть. Шумность и травмоопасность таких станков была особенно велика. Сейчас круглопильные станки выполняются в закрытом исполнении. Они выполнены в форме параллелепипеда, в котором имеется окно для подачи заготовки и противоположное окно для выхода детали. Станки стали менее шумными и менее опасными в получении травм.

Подводя итог, отметим, что в процессе эволюционного развития круглопильные станки усложнялись, снабжались различными приводами, механизмами базирования, защитными устройствами. Увеличение социальной потребности и рост технического уровня промышленности деревообрабатывающего станкостроения, применение методов научно-технического творчества ускоряют темпы эволюционного развития.

## Контрольные вопросы и задания

1. Дайте характеристику жизненного цикла образца технической системы.
2. Дайте характеристику промышленно-функциональной среды, в которой живут и умирают технические системы.
3. Расставьте подсистемы ПФС в алфавитном порядке.
4. Для чего строятся графики видовой эволюции станков?

## 2. Порядок выполнения проектных работ

### 2.1. Патентно-информационные исследования

#### 2.1.1. Изучение конкурентоспособности объекта

Проектирование любого объекта техники начинается с изучения конкурентоспособности объекта на рынке. *Под конкурентоспособностью понимают соотношение между потребительскими свойствами и затратами покупателя на приобретение товара, необходимое и достаточное, чтобы сделать предпочтительный выбор перед другими товарами, удовлетворяющими ту же потребность.*

Потребительские свойства – это совокупность свойств объекта техники (технических, экономических, эстетических, квалитетических и др.), удовлетворяющих потребность. Улучшение потребительских свойств при неизменной цене товара повышает его конкурентоспособность. Следовательно, на стадии проектирования объекта техники следует выявить те потребительские свойства, которые удастся улучшить наилучшим образом без повышения цены товара.

Конкурентоспособность снижается во времени. Начальный уровень конкурентоспособности, закладываемый в проект, должен быть тем выше, чем длительнее срок проектирования и жизненный цикл объекта. Снижение уровня конкурентности определяется темпами морального старения объекта и темпом роста научно-технического процесса.

### 2.1.2. Научно-техническая информация

Поиск технической системы, пригодной для решения задачи проводится по источникам научно-технической информации (НТИ). Научно-техническая информация – это сведения о документах и фактах, получаемых в ходе научной и проектной работы. Структурной единицей НТИ является документ.

*Научным документом называют материальный объект, содержащий НТИ, предназначенный для ее хранения и использования в общественной практике.*

Документы могут быть текстовые (книги, журналы и др.), графические (чертежи, схемы и др.), аудиовизуальные (звукозаписи, кино- и видеофильмы), машиночитаемые в виде электронных баз данных и др. Кроме того, документы подразделяют на первичные, вторичные, содержащие результаты переработки первичных документов, и третичные, содержащие результаты переработки вторичных документов.

К первичным документам относят следующие издания:

- неперIODические – книги, брошюры, журналы и др.;
- периодические – газеты, журналы и др.;
- продолжающиеся издания, выходящие через неопределенный промежуток времени – сборники трудов, ученых записок, известий и др.;
- специальные – отчеты о НИР, тезисы докладов конференций, диссертации, описания патентов, стандарты и др.

Вторичные документы подразделяются на справочные, обзорные, реферативные, библиографические.

К третичным документам относят каталоги, указатели, оглавления и др.

**Поиск информации.** Для поиска требуемой НТИ в библиотеках пользуются электронными каталогами, с помощью которых организованы процессы обслуживания читателей.

Электронный каталог является доступным и понятным для пользователя, который на экране компьютера видит содержимое базы библиографических данных. Ознакомление с документом осуществ-

ляется путем листания выбранного документа вперед и назад. Документ можно скопировать полностью или частично.

### 2.1.3. Патентная информация

Научно-техническая информация, на базе которой выполняются проекты, стареет. В современных условиях НТИ обесценивается в течение 5...7 лет. Это значит, что для получения высоких результатов при выполнении проектов, надо быстро находить и быстро использовать в разработках новую информацию. Объекты техники, в которых будет воплощена устаревшая информация, недолго смогут противостоять конкуренции более «наукоемких объектов». Надежным источником такой информации являются патентные исследования.

*Патентные исследования – это научные исследования по определению технического уровня и тенденций развития объектов техники, их патентоспособности и патентной чистоты на основании патентной и другой научно-технической информации.*

Патентные исследования проводятся по источникам патентной информации. Порядок проведения патентных исследований регламентирован ГОСТ Р15.011-96 «Система разработки и постановки продукции на производство. Патентные исследования», действующим с 1 июля 1996 г.

**Международная патентная классификация.** Международная патентная классификация МПК имеет иерархическое пятиступенчатое построение. Согласно МПК все сферы производства поделены на разделы, классы, подклассы, группы и подгруппы. *Разделы* обозначаются латинскими буквами от А до Н. Различают следующие разделы:

- A* – удовлетворение жизненных потребностей человека;
- B* – различные технологические процессы;
- C* – химия и металлургия;
- D* – текстиль и бумага;
- E* – строительство, горное дело;
- F* – механика, освещение, отопление, двигатели и рабочие машины, оружие и боеприпасы, взрывные работы;

*G* – физика;

*H* – электричество.

Структура и распределение классов по разделам отражают классификацию изобретений по функциональному и отраслевому принципам.

Каждый раздел содержит до 99 классов. *Классы* обозначаются индексом раздела с двумя арабскими цифрами (рис. 6). Каждый класс имеет свое назначение. Например, класс D21 означает «Производство бумаги; производство целлюлозы».

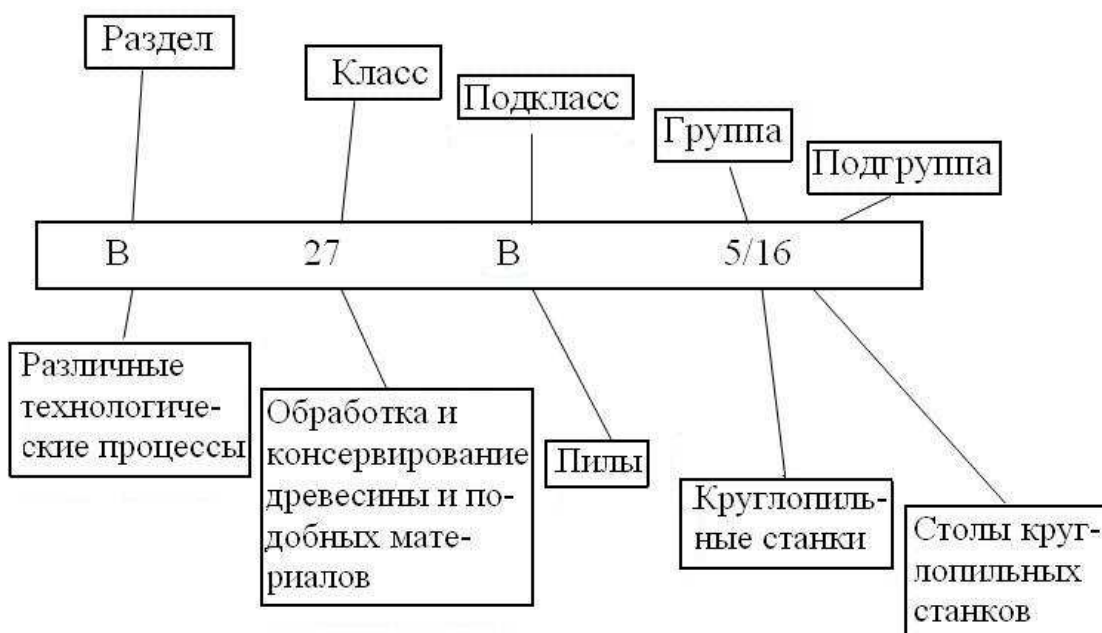


Рис. 6. Пример обозначения рубрик МПК

Классы поделены на *подклассы*, которые обозначаются латинской буквой, добавляемой к классу. Подклассы тоже имеют названия. Например, D21B – «Волокнистое сырье и его механическая обработка».

Подклассы поделены на *группы*. Обозначаются они нечетными цифрами, например, D21H 11.

*Подгруппа* обозначается цифрами и отделена от группы косой чертой, например, B27B 7/00. Указанная подгруппа имеет название «Пильные станки с дисковыми пилами для продольной распиловки бревен».

**Поиск патентной информации.** В настоящее время для поиска документов широко применяются различные автоматизированные информационно-поисковые системы (АИПС).

*Информационно-поисковая система* представляет собой функциональную систему, предназначенную для хранения и поиска информации.

*Поиск информации – это процесс отыскания в запоминающем устройстве (книге, магнитной ленте и др.) информационно-поисковой системы таких документов (текстов, схем и др.), которые соответствуют поступившему запросу.*

Для поиска можно использовать автоматизированное рабочее место патентного эксперта: АРМ «Патентный эксперт» (АРМ ПЭ). АРМ ПЭ – это база данных изобретений всего мира на русском языке. База данных включает в себя библиографические данные, рефераты и чертежи опубликованных заявок и патентов. Она содержит сведения об изобретениях России, США, Германии, Великобритании, Франции, Японии, Европейского патентного ведомства. Тематические подборки изобретений поставляются на компакт-дисках.

При чтении компакт-диска на компьютере система предлагает выбрать сначала базу, с которой Вы будете работать. Здесь надо указать страну и тематику поиска. Затем надо сформировать параметры запроса. Например, надо отобрать опубликованные заявки Японии по классу МПК *F02P 3/06* и всем подклассам общего класса *F23N*, в текстах рефератов которых встречаются ключевые слова «электр\*» или «поле». Отобранные документы можно вывести на печать.

Поиск документов можно проводить также с помощью информационной системы «Патент-аналитик». Подключиться к ней можно по сети интернет по адресу: [www.rupto.ru](http://www.rupto.ru). Система работает с базой данных Федерального института промышленной собственности (ФИПС).

При отсутствии или невозможности использования АИПС поиск может быть проведен вручную.

Дополнительно надо учитывать, что в области лесной и деревообрабатывающей промышленности большой интерес представляют

патенты Финляндии, где технология лесопереработки находится на высоком уровне.

#### **2.1.4. Трудосберегающая технология обработки информации**

Трудосберегающая технология информационно-поисковых работ предполагает однократную обработку фонда информации для решения поставленной задачи и многократное использование полученных результатов различными специалистами [1].

Примером может служить однократно подготовленный ретроспективный перечень патентных документов по теме поиска. В этом перечне фиксируются номер патента, название объекта защиты, рубрики МПК, год публикации, номер бюллетеня и страна. Систематизированная таким образом информация позволяет обращаться к ней многократно.

Среди методов систематизации нового поколения наилучшим считаются следующие: матрицы, обобщенные графы и фактографические графики.

**Матрицы.** Преемственность научных работ обеспечивается формой передачи промежуточных результатов от одного специалиста к другому. Текстовая описательная форма при этом исчерпала себя. В связи с этим требования к научным публикациям изменились. Сводятся они к тому, что сущность научных работ должна быть ясна из графических материалов без трудоемкого прочтения и анализа сопроводительного текста.

В современных публикациях широко используются матрицы (таблицы). Известно три основных вида матриц:

- числовые, в клетках которых стоят числа;
- функциональные, в клетках которых указаны передаточные функции или расчетные формулы;
- документально-фактографические, в клетках которых указаны библиографические данные документов, фактографические данные. Этот вид матриц считается наиболее перспективным.

*Матрицы для систематизации формул.* При построении матрицы по одной ее оси указывают виды элементов структуры объекта техники, а по другой – параметры этих элементов. В клетках матрицы приводят формулы для расчета элементов.

На рис. 7, а показана схема пиления древесины на круглопильном станке. В различных конструкциях станков пила расположена под столом или над столом, а направление подачи может быть встречным или попутным. В расчетах режимов резания требуется знать значения углов входа  $\varphi_{вх}$  и выхода  $\varphi_{вых}$ . Расчетные формулы для указанных углов сведены в матрицу (рис. 7, б).

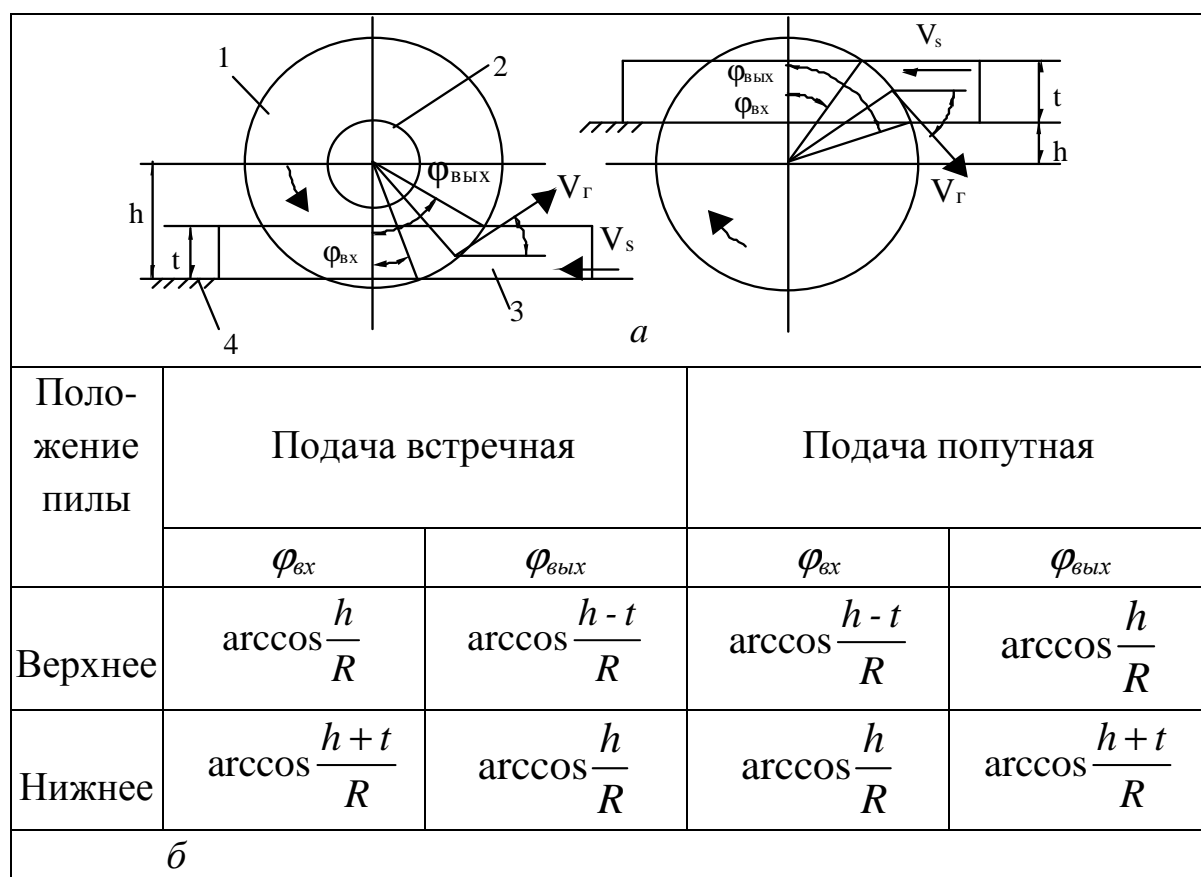


Рис. 7. Матрица формул

*Структурные матрицы.* Структурной матрицей называется матрица, развернутая по видам двух и более наиболее важных функций узлов или компонентов объектов техники по заданной тематике. По осям матрицы указывают признаки, взятые из формул изобре-



ний, а в клетках приводятся библиографические данные источников информации. Оси матрицы ранжируют с точки зрения цели разработки.

На рис. 8 в качестве примера приведена структурная матрица шипорезного станка линии склеивания пиломатериалов по длине. У такого станка выделяются две главные функции узлов: перенос заготовок относительно режущего инструмента и предварительная организация заготовок.

Основные узлы для переноса заготовки относительно фрезы	Подача заготовок		
	поштучно	в пакете формы «щит»	в пакете формы «брус»
Поворотный стол на оси	СССР, №704792	–	–
Поперечный цепной конвейер с упорами и механизмом продольного перемещения	Япония, 54–17991, СССР, ЦНИИМОД, Франция, №240756	–	–
Две каретки с конвейерами на них и конвейером между каретками	–	ФРГ №2822659	–
Фреза смонтирована на каретке	–	ЦНИИМОД, Dimter, Hubel	–
Ленточный конвейер установлен на вертикальной оси	–	–	ФРГ, Грекон
Два ленточных конвейера с упором между ними	–	–	ФРГ, Dimter

Рис. 8. Матрица на устройство для нарезания шипов на заготовках немерной длины

Формы матриц могут быть самые разнообразные, и составляются они для разных целей.

На рис. 9 в качестве примера приведена матрица-плана выполнения разделов дипломного проекта в срок с 10 марта по 10 июня. В клетках матрицы символом «+» указаны сроки выполнения раздела, а цифрой – количество подлежащих разработке чертежей (графиков).

Разделы, части проекта	Количество листов чертежей по декадам до								
	20.03	30.03	10.04	20.04	30.04	10.05	20.05	30.05	10.06
Введение	+								
ТЭО	+	+							
Технологическая часть			1						
Конструктивная часть			+	3	3	4			
НИЧ							1		
Энергетическая часть								1	
Специальная часть								1	
Часть по БЖД								+	
Экономическая часть									1

Рис. 9. Матрица - план выполнения разделов дипломного проекта:  
+ – продолжительность работы над разделом; цифра – количество чертежей

**Графы для систематизации информации.** Для снижения трудозатрат при обработке информации рекомендуется текстовую информацию заменять графической. Графическая информация более наглядна, броска и понятна. Форма такой информации имеет вид графов.

Графом называют фигуру, состоящую из вершин и соединительных ребер, отображающих связи между элементами. В вершинах приводят информацию об элементах системы, а на ребрах указывают библиографические данные.

Графы используют для визуализации структуры объектов техники, с целью сокращения времени на выявление сущности объекта и облегчения сопоставительного анализа.

Графы структуры объектов техники. На рис. 10 показан граф функциональной структуры тормоза.



Рис. 10. Граф функциональной схемы тормоза

В вершинах графа указаны наименования узлов, деталей или компонентов объекта техники. Ребра отображают направление передачи вещества, энергии или информации. На них показаны функции соответствующих узлов. Такой граф необходим для проведения структурного анализа.

Совмещенные графы. Совмещенный граф получается путем объединения нескольких вариантов графов на одном рисунке. Пример совмещенного графа для прессы продольного сжатия брусковых заго-

товок приведен на рис. 11. Библиографические данные источников патентной информации показаны на ребрах обобщенного графа, где указываются страна и номер патента. Полные библиографические данные непатентных источников информации на обобщенном графе не приводятся. Вместо этого составляется отдельный перечень источников информации, а на обобщенном графе приводятся номера источников информации по этому перечню с номерами соответствующих страниц.

Такая систематизированная и ранжированная информация позволяет выявить и сопоставить отечественную и национальные тенденции развития техники других стран. Отмечаются лучшие образцы, что дает возможность при разработке технических решений оперативно сопоставить их структуру со структурой лучших мировых образцов техники.

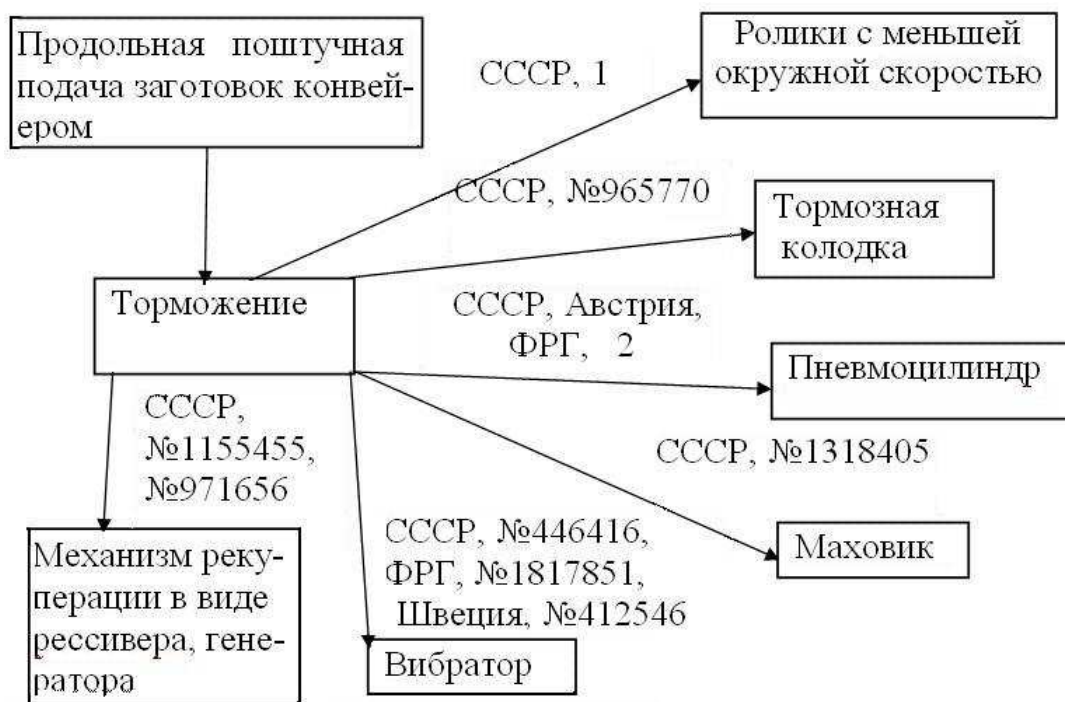


Рис. 11. Граф для пресса продольного сжатия брусковых заготовок:  
 1 – [18, с. 478];    2 – [19, с.25]

**Графики систематизации информации.** Для систематизации информации используют различные графики. Они позволяют оцени-

вать объекты техники без трудоемкого обучения пользователей, без больших затрат времени и сил [1].

*Графики с техническими параметрами.* На рис. 12 показан параметрический график для токарных станков, предназначенных для точения конических деталей мебели. График систематизирует и визуализирует существенные параметры токарных станков. Он построен в координатах первый технический параметр (количество шпинделей) – второй технический параметр (перепад диаметров). Использование такого рода графиков позволяет сформулировать техническое направление разработок.

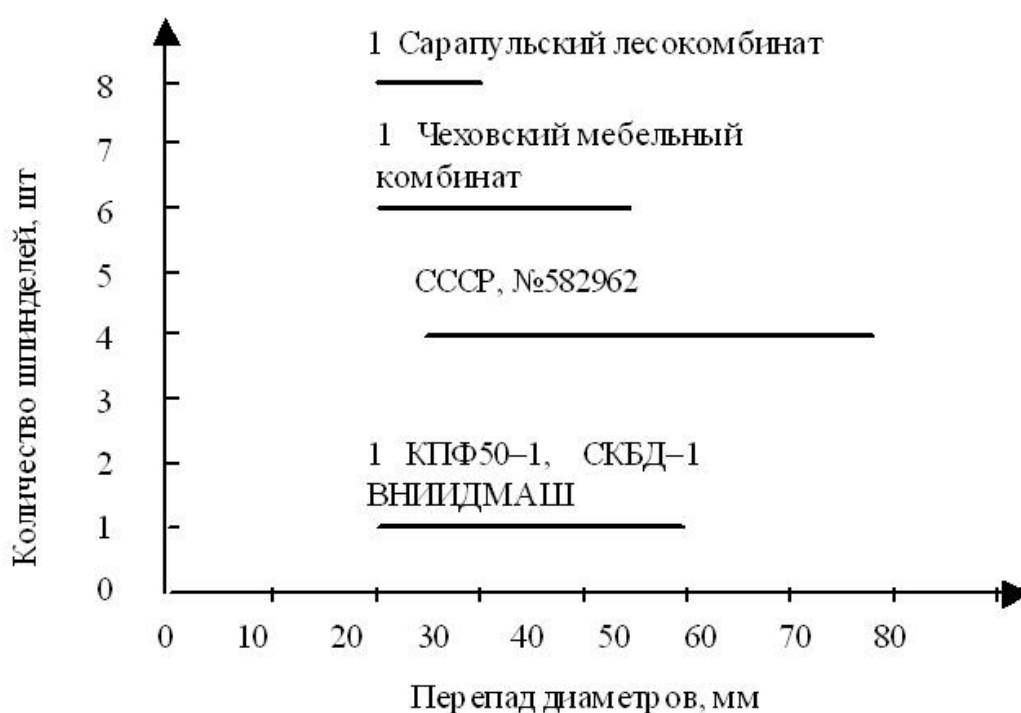


Рис. 12. График с техническими параметрами

**Фактографический график.** *Фактографическим графиком называется график, развернутый по двум (или более) наиболее важным технико-экономическим или социально-экономическим параметрам, характеризующим работоспособность, эффективность, безопасность объектов техники заданного назначения. По полю графика указываются библиографические данные об источниках информации.*

На рис. 13 показан график, по осям которого отражены важнейшие факторы процесса дозирования массоизмерительными дозатора-

ми дискретного действия, применяемого в производстве древесностружечных плит. По осям графика отложены факторы: масса одной навески и частота выполнения навесок в минуту. В современных дозаторах используется правило взвешивания: взвешивание несколькими навесками с явным недовесом в каждой порции и учетом погрешности в следующей порции [1].



Рис. 13. Массоизмерительные дозаторы дискретного действия: 1 – дозатор ДДСП-10; 2 – дозатор фирмы «К.К. Комацу сэйсакусе» (патент № 54-6221, 1979 г.)

Структурные матрицы и обобщенные графы систематизируют информацию по структуре объектов техники, а фактографические графики - по параметрам объектов техники.

## 2.2. Приемы проектирования

Процесс проектирования технических объектов, их подсистем и элементов можно разделить на три этапа: подготовительный, начальный и основной. Каждый из этих этапов делится на две стадии: анализа и синтеза, которые неотделимы друг от друга в едином процессе проектирования.

На стадии синтеза формируются различные варианты проектируемой системы, ее подсистем и элементов. На стадии анализа эти варианты сопоставляются между собой с позиции обеспечения необхо-

димых свойств и качества. При анализе готовится материал для реализации очередной стадии синтеза.

Рассмотрим указанные этапы и стадии проектирования подробнее (рис. 14).

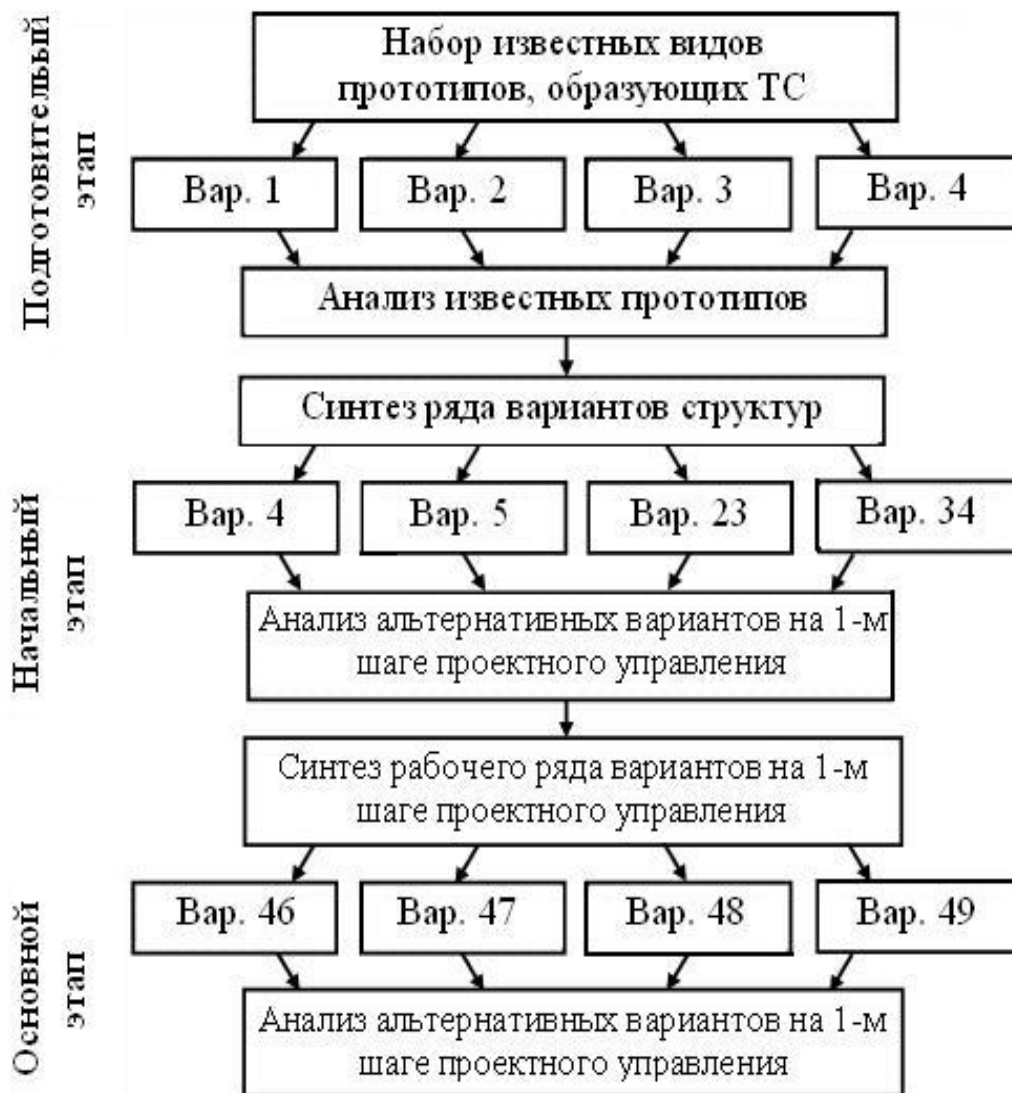


Рис. 14. Этапы проектирования

**Подготовительный этап.** На данном этапе формируются требования к новой конструкции [1]. Намечается область поиска рациональных структур. Формируется общий облик объекта, его подсистем и элементов. Находятся прототипы. Анализируется эволюционное развитие их систем, подсистем и элементов. Общие требования к системе трансформируются в подсистемные и элементные требования.

Обычно этап заканчивается формальным набором возможных прототипов проектируемого объекта с оценкой их пригодности для решения поставленных задач.

**Начальный этап.** В начальном этапе проводится всесторонний анализ исходного ряда вариантов структур. Отмечаются их слабые и сильные стороны. Сильные решения надо в будущем сохранить, а от слабых следует избавиться. Начинается отбор из числа предварительно намеченных вариантов 4 и вновь появившихся вариантов 5, а также возможных комбинаций их подсистем (варианты 23 и 34) альтернативных вариантов структур образцов ТС.

При составлении вариантов структур можно обнаружить оригинальный вариант, который на первый взгляд не имеет недостатков и полностью решает поставленную задачу. Возникает большой соблазн реализовать этот вариант в металле. Однако опыт конструкторов показывает, что такого рода варианты редко оказываются лучшими. На последующих этапах проектирования после учета всех проясняющихся позже особенностей и взаимодействий объекта с окружающей средой вариант оказывается не лучшим. *Поэтому не следует сразу останавливаться на привлекательных вариантах, поиск их надо проводить до конца.*

Начальный этап характерен для стадии подготовки технического предложения.

**Основной этап.** На основном этапе многократно проводится анализ и синтез образцов ТС и подсистем с постепенным сокращением числа вариантов. Повышается глубина проработки и детализация вариантов.

*Анализировать варианты структур надо столько, сколько позволяет время на выполнение данной работы. Чем больше вариантов прорабатывается, тем выше вероятность того, что самое рациональное решение будет найдено. Искусственно сокращать продолжительность основного этапа не следует.*

Этот этап характерен для стадии эскизного проектирования. Заканчивается он выбором рационального варианта образца технической системы. Исходные данные для дальнейшего конструирования



подготовлены, можно приступать к разработке полного комплекта чертежей и другой технической документации.

### 2.3. Проектирование и конструирование

Проектирование и конструирование не являются словами синонимами. Они несут различную смысловую нагрузку [12].

Работа над изделием начинается с выявления общественной потребности. Для удовлетворения потребности выполняются стадии создания объекта техники: проектирование, конструирование, изготовление и эксплуатация. При эксплуатации становится ясно, насколько полно удовлетворена потребность в объекте. Если потребность удовлетворена неполно или появилась новая потребность, то процесс развития объекта возвращается на стадию «потребность» и цикл ее удовлетворения повторяется снова. Таким образом, развитие объекта происходит непрерывно, монотонно по спирали. Потребность в новом изделии возникает при эксплуатации старого изделия. Процесс удовлетворения потребности схематично показан на рис. 15.



Рис. 15. Схема создания изделия

**Проектирование** – первый операционный элемент процесса удовлетворения общественной потребности. Начинается проектирование с осмысления действий, необходимых и достаточных для удовлетворения потребности. Намечается следующий комплекс действий: патентно-информационные исследования, научно-технические исследования, изобретательская работа при подготовке множества альтернативных вариантов, пригодных для решения поставленной задачи, анализ и выбор одного наилучшего решения из альтернативных вариантов [13]. Формируется облик проектируемой технической системы, для чего составляется технологическая схема, выполняются технологические расчеты, создается техническое задание на проектирование.

Проектирование выполняется проектировщиком. Результат деятельности проектировщика называется **проектом**. В проекте создается основа для конструирования.

**Конструирование** – второй операционный элемент процесса удовлетворения общественной потребности. При конструировании создается конкретная, однозначная конструкция изделия, на которую разрабатывается конструкторская документация. Конструкция – это устройство, в котором части и элементы взаимно соединены между собой целесообразным образом. При конструировании создается общий вид, сборочные единицы и детали изделия, рассчитываются размеры, выбирается материал, устанавливается шероховатость обработанных поверхностей, назначаются технические требования.

*Таким образом, конструирование, как составная часть проектирования, представляет собой творческий процесс создания изделия в документах (главным образом в чертежах) на основе теоретических расчетов, конструкторского, технологического и эксплуатационного опыта и экспериментов.*

## 2.4. Методы конструирования

**Стандартизация.** *Стандартизация – процесс нахождения и применения решений для повторяющихся задач в сфере науки, техники и экономики для достижения оптимальной степени упорядочения.* Стандартизация регламентирует конструкции и типоразмеры широко применяемых машиностроительных деталей, узлов и агрегатов. Все детали и узлы, типовые для данной отрасли машиностроения, стандартизируются. Стандартизация ускоряет конструирование, облегчает изготовление, эксплуатацию и ремонт машин [14].

**Симплификация.** Симплификация – упрощение производства путем исключения излишних типоразмеров изготавливаемых деталей, отдельных видов отчетности и документации [15].

На заводах симплификацию используют при ограничении действия разнообразных стандартов, материалов, покупных изделий, полуфабрикатов.

*Унификация.* Унификация – приведение изделий к единообразию на основе установления рационального числа их разновидностей (ГОСТ 23945.0-80). Унификация заключается в многократном применении в конструкции одних и тех же элементов. Это способствует сокращению номенклатуры деталей, уменьшению стоимости изготовления, упрощению эксплуатации и ремонта.

Задача конструктора состоит в том, чтобы при разработке новой машины вводить только те новые узлы и детали, которые влияют на повышение производительности, надежности и удобство эксплуатации. Остальные детали и узлы рекомендуется оставлять неизменными.

Если в машине невозможно применить целиком существующий узел, то целесообразно сохранить хотя бы его монтажные размеры.

Обычно в новые машины переносится до 50% сборочных единиц, неоднократно проверенных в старых машинах.

Унификации в первую очередь подлежат посадочные соединения, резьбы, шлицевые и шпоночные соединения, крепежные детали. Кроме того, надо стремиться к унификации оригинальных деталей.

**Типизация.** Типизация – один из перспективных методов стандартизации. Она предусматривает разработку и использование типовых конструкций в целой отрасли.

Типизация – способ создания на базе исходной модели ряда машин одного назначения различной мощности, производительности, но с одинаковыми узлами.

**Агрегатирование.** *Агрегатирование* – компоновка машин и механизмов из ограниченного количества стандартных или унифицированных деталей и узлов, обладающих геометрической и функциональной взаимозаменяемостью.

Агрегатирование – высшая степень унификации. Агрегатирование позволяет не создавать каждую новую машину как оригинальную, единственную в своем роде. Машина создается путем переконфигурации имеющейся машины, используя уже освоенные производством узлы и агрегаты.

## Контрольные вопросы и задания

1. Что такое эволюция технических систем, для чего она применяется в проектировании технических систем?
  2. Какую информацию несет видовая форма эволюции?
  3. Изобразите схему этапов проектирования.
  4. Поясните, чем отличаются понятия "проектирование" и "конструирование".
2. Расставьте методы конструирования в алфавитном порядке.

### 2.5. Подготовка вариантов проектных решений

Современные методы технического творчества позволяют получать большое количество разнообразных и сильных вариантов решения любой технической задачи [6]. Некоторые приемы приведены ниже.

**Формальный подбор вариантов.** Формальный подбор альтернативных вариантов проектных решений осуществляется с учетом возможностей современной технологии и техники.

*Пример.* Требуется подготовить возможные варианты устройства для распиловки лесоматериалов на доски.

Основные требования, предъявляемые к лесопильной установке:

- минимум энергопотребления;
- максимальная производительность;
- максимальный выход пиломатериалов за счет сокращения доли опилок;
- минимальная металлоемкость;
- надежность, безотказность в работе.

*Решение.* Учитывая современный уровень техники, можно предложить четыре варианта установок: лесопильную раму, ленточнопильный станок вертикальный, ленточнопильный станок горизонтальный, круглопильный станок.

В таком решении разнообразие альтернативных вариантов наблюдается только на уровне систем (типов станков). Разнообразие вариантов на уровне подсистем (механизмов главного движения, подач

и др.) не предложено. В связи с этим сильного решения в предложенном списке вариантов может не оказаться.

**Неформальный подбор вариантов.** Неформальный подбор альтернативных вариантов проектных решений осуществляется путем решения технической задачи одним из известных методов технического творчества. Много вариантов дает метод морфологического анализа [6].

*Пример.* Требуется подобрать варианты проектных решений линии, обеспечивающей склеивание отрезков пиломатериалов немерной длины на зубчатые шипы. Основные узлы линии – механизм формирования пакета пиломатериалов и торцовый пресс. Пусть, используя методы технического творчества, подобраны их варианты.

Функциональные узлы и варианты их выполнения заносятся в табл. 2.

Таблица 2

Морфологическая таблица

Механизм формирования пакета пиломатериалов	$A_1$	$A_2$	$A_3$
Торцовый пресс	$B_1$	$B_2$	$B_3$

Варианты проектных решений составляются методом перестановок данных таблицы. Всего можно получить девять вариантов:  $A_1 B_1$ ,  $A_1 B_2$ ,  $A_1 B_3$ ,  $A_2 B_1$ ,  $A_2 B_2$ ,  $A_2 B_3$ ,  $A_3 B_1$ ,  $A_3 B_2$ ,  $A_3 B_3$ .

## 2.6. Факторы, учитываемые при анализе и синтезе

### 2.6.1. Общие требования к изделию

При конструировании любого технического объекта надо руководствоваться во всех случаях следующими основными требованиями [7]:

- наибольшей безопасности;
- экологической безопасности;
- рентабельности;

- надежности;
- контролируемости параметров;
- оптимальности технических параметров;
- обеспечения гарантированного срока службы;
- ремонтпригодности.

**Требования наибольшей безопасности и экологической безопасности** заключаются в том, что проектируемому объекту должны быть приданы свойства, максимально исключающие вредное воздействие на человека и окружающую среду. При этом требования безопасности важнее рентабельности и всех других требований. Создание объектов с непредсказуемыми последствиями, угрожающими жизни и здоровью людей, недопустимо.

**Требование рентабельности** означает, что основные технико-эксплуатационные показатели объекта должны обеспечить высокий уровень эффективности. Полезный эффект при использовании объекта должен быть достигнут при минимальных затратах трудовых, материальных и энергетических ресурсов.

**Требование надежности** означает сохранение во времени в установленных пределах значений всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и в условиях применения технологического оборудования, хранения, транспортирования. Надежность включает в себя безотказность, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. При достаточной надежности объекта обеспечивается гарантированный срок его службы.

**Требование контролируемости параметров** заключается в возможности регулировать значения параметров для обеспечения заданных режимов работы, как в летнее, так и в зимнее время года.

### **2.6.2. Выбор прогрессивного технологического процесса**

**Технологический процесс** – законченная часть основного производства, в результате выполнения которой достигается изменение формы, размеров и свойств материалов в соответствии с требованиями технической документации.

**Технологический процесс** может включать несколько стадий сушки, механической обработки резанием, гнутья и т.д. Каждая стадия обработки делится на ряд технологических операций.

**Технологическая операция** – законченная часть технологического процесса, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте при изготовлении одной и той же продукции.

В составе операции различают рабочее место, технологический переход, проход, установку и позицию.

**Рабочее место** – это часть производственной площади, предназначенной для выполнения данной операции, с находящимися на ней оборудованием, материалами и инструментами.

**Технологическим переходом** называют законченную часть технологической операции, выполняемую одним и тем же инструментом при обработке одной и той же поверхности заготовки, без изменения режимов работы. На четырехстороннем продольно-фрезерном станке, например, четыре фрезы одновременно обрабатывают четыре поверхности заготовки. Это означает, что одновременно выполняется четыре перехода.

Переход, в свою очередь, может состоять из одного или нескольких проходов. **Проход** (рабочий ход) представляет собой часть технологического перехода, при котором снимается один слой материала и который выполняется за одно перемещение инструмента относительно заготовки.

**Установкой** называется часть технологической операции, выполняемая при одном закреплении заготовки в станке или приспособлении.

**Позиция** – это часть технологической операции или установки, выполняемая при заданном положении заготовки относительно режущего инструмента или станка без ее раскрепления.

Таким образом, одна и та же технологическая операция может быть выполнена при одной установке и одной позиции, при одной установке и нескольких позициях, при нескольких установках и нескольких позициях. Производительность станка будет зависеть от числа установок и позиций.

Время, затраченное непосредственно на технологические операции называется **технологическим циклом**. Чем короче производственный цикл изготовления изделия, тем выше производительность и проще конструкция станка.

*Пример.* На рис. 16 показаны варианты способов нарезания прямых рамных шипов.

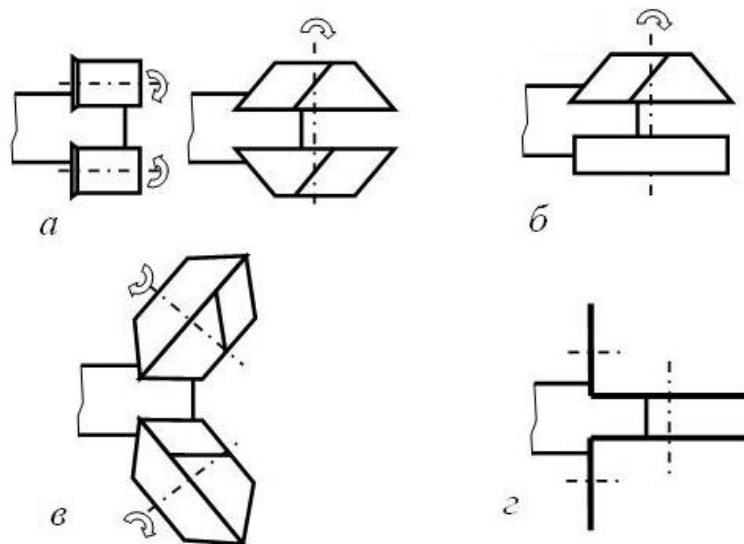


Рис. 16. Варианты выполнения операции нарезания прямых рамных шипов: *а* – цилиндрическими фрезами с последующей подсечкой плечиков; *б* – торцово-коническими фрезами; *в* – коническими фрезами; *г* – пилами

Для первого способа (рис. 16, *а*) необходимо четыре шпинделя (обработка шипа выполняется за четыре перехода), для второго (рис. 16, *б*) – две фрезы (два перехода), для третьего (рис. 16, *в*) – два (два перехода) и для четвертого (рис. 16, *г*) – три шпинделя (четыре перехода).

### 2.6.3. Кратность заготовок

Заготовки и даже сборочные единицы могут быть кратными по длине, ширине и толщине. Это позволяет повысить производительность машины и использование древесины. Например, при производстве карандашей берут дощечку шестикратной ширины (рис. 17), делают в ней шесть пазов. Затем поверхность дощечки смазывают кле-



ем, в пазы укладывают стержни грифелей и сверху закрывают такой же дощечкой. После склеивания собранный блок делят на карандаши.



Рис. 17. Блок карандашей

#### **2.6.4. Дифференциация и концентрация операций**

При создании современных производительных машин широко используются принципы дифференциации и концентрации операций. Применяя принцип дифференциации, можно сложный технологический процесс расчленить на составные элементы. Для их последовательного выполнения можно предложить несколько однооперационных станков. Используя принцип концентрации, операции технологического процесса объединяются с целью их выполнения на одном многооперационном станке.

Современное машиностроение развивается в направлении повышения степени концентрации операций при обработке деталей и их сборке. Это благоприятно сказывается на стоимости обработки, повышении точности, организации производства.

Однако нельзя беспредельно дифференцировать или концентрировать операции, выполняемые на станке. В обоих случаях надо учитывать возникающие технические трудности и внецикловые потери времени (рис. 18).

С увеличением степени концентрации операций на многооперационном станке добиваются, чтобы вспомогательные движения цикла работы станка совмещались во времени с основными рабочими движениями. В этом случае производительность рабочей машины увеличивается. При этом концентрация операций неизбежно ведет к увеличению внецикловых потерь времени на наладку станка, замену режущего инструмента, техническое обслуживание.



Рис. 18. Изменение производительности станка от числа рабочих позиций

При выполнении внецикловых работ станок так долго простаивает, что производительность его начинает падать. Чем больше на станке рабочих позиций, тем больше вынужденные простои и тем ниже производительность станка.

### 2.6.5. Выбор структурной схемы станка

Технологический процесс обработки деталей может быть реализован на различных станках: проходных, позиционных, позиционно-проходных, проходно- позиционных.

Примеры типов станков:

**проходные** – четырехсторонний продольно-фрезерный, двусторонний шипорезный, карусельно-фрезерный;

**позиционные станки** – сверлильно-пазовальный, односторонний шипорезный, карусельный круглопильно-сверлильно-долбежный, токарный;

**позиционно-проходные** – станок для заточки дисковых пил, линия обработки гнезд и установки фурнитуры модели ОК213С1.10. (Линия имеет четыре рабочих позиции: на первой позиции производится обработка гнезд под петли спаривания; на второй – установка петель спаривания; на третьей – долбление гнезд под петли навески; на четвертой – установка петель навески. Створки перемещаются с позиции на позицию непрерывно упорами штангового транспортера);

**проходно-позиционные станки** – линия облицовывания кромок щитов (после облицовки продольных кромок щит поворачивается на

90°, базируется, прижимается, после чего облицовываются поперечные кромки).

### 2.6.6. Выбор способа базирования

**Базирование** – это процесс ориентирования заготовки в пространстве относительно режущего инструмента. Базирование всегда выполняется перед процессом резания и сохраняется в течение обработки с помощью зажимов или прижимов.

Базирование может быть неподвижное и подвижное.

*При неподвижном базировании* заготовка своими технологическими базами взаимодействует с установочными поверхностями базирующих элементов станка и фиксируется в таком положении зажимами. Базирующие элементы выполняются в виде столов, кареток, суппортов, направляющих линейек, угольников, упоров и т.д.

*При подвижном (скользящем) базировании* главная или главная и вспомогательная базы заготовки скользят по установочным поверхностям станка. Положение заготовок при этом фиксируется прижимами. Установочные поверхности выполнены в виде плоскостей стола, направляющей линейки.

## Контрольные вопросы и задания

1. Назовите общие требования, предъявляемые к изделию.
2. Приведите определение технологической операции и дайте характеристику каждого ее элемента.
3. Как влияет кратность заготовок на производительность станка и полезное использование древесины?
4. Поясните влияние принципов дифференциации и концентрации операций на производительность станков.
5. Как выбираются структурные схемы станков?
6. Покажите на примерах, как можно составить варианты технических решений при формальном и неформальном способам их подготовки.
7. Назовите самые важные факторы, учитываемые при проектировании технических объектов. Какие из них являются приоритетными?

### 3. Примеры решения творческих задач

#### 3.1. Методы технического творчества

Для разрешения технических противоречий и поиска новых решений создано около тридцати методов [16].

Известные методы технического творчества объединены по принципу их схожести в несколько групп.

*Первая группа* методов базируется на принципе **мозговой атаки**. К ней относят «Метод мозгового штурма» А.Ф. Осборна, «Метод конференции идей» В. Гильде и К.Д. Штарке, «Синектики» В. Дж. Гордона.

*Вторая группа* методов базируется на **морфологическом анализе**. Сюда относятся «Метод морфологического ящика» Ф. Цвикки, «Метод семикратного поиска» Г.Я. Буша, «Метод десятичных матриц поиска» Р.П. Повилейко и др.

*Третья группа* объединяет методы **контрольных вопросов**. Это «Метод контрольных вопросов» Т. Эйлоарта, «Метод контрольных вопросов» Д. Пойа и др.

*Четвертая группа* объединяет **методы эвристических приемов**, среди которых наиболее разработан метод А.И. Половинкина.

*Пятая группа* относится к **алгоритмам решения изобретательских задач**, разработанным Г.С. Альтшуллером: АРИЗ-61, АРИЗ-71, АРИЗ-77, АРИЗ-82, АРИЗ-85-В. Цифра указывает год выхода алгоритма (методы мощные, но сложные, здесь не приводятся).

*Шестая группа* объединяет **стандарты на решение изобретательских задач**, разработанные Г.С. Альтшуллером.

*Седьмая группа* включает метод «Выявления и разрешения технического противоречия» Н.П. Колчева.

Таким образом, для решения технических задач имеется достаточное количество методов. При этом первые четыре метода активизируют творческий процесс, а последние помогают генерировать новые идеи. Для успешной работы, особенно молодым специалистам, достаточно освоить 2...3 методов. Предпочтения автора относятся к методам эвристических приемов, стандартов на решение изобретательских задач, выявления и разрешения технического противоречия.

### 3.2. Потребность и противоречие

«Нет худа без добра и добра без худа». В этой поговорке показана диалектическая, противоречивая природа нашего мира. Объекты техники, как и весь мир, развиваются по закону единства и борьбы противоположностей, а само развитие выглядит как процесс зарождения, обострения и разрешения противоречий.

Технические системы создаются человеком для удовлетворения своих потребностей. Поэтому технический прогресс как процесс развития технических систем следует рассматривать в системе «общество – техника» как орудие разрешения противоречия между потребностями общества и возможностями их удовлетворения с помощью технических средств. Это противоречие называют социально-техническим.

При возникновении новой потребности социально-техническое противоречие возникает сразу. Потребность есть, а средства для ее удовлетворения нет. Давно у людей возникла потребность побывать на Луне, Марсе, но необходимых для этого технических средств нет.

В совершенствуемых технических объектах общественная потребность чаще всего изменяется количественно. При этом возникает количественная диспропорция между измененной потребностью и возможностью ее удовлетворения. Сначала эта диспропорция устраняется путем изменения некоторых параметров технического объекта, но затем она превращается в обостренное техническое противоречие. Например, возникла потребность улучшить качество обработанной поверхности, фрезеруемой на деревообрабатывающем фуговальном станке. Оказывается, этого можно достичь, если частоту ножевого вала увеличить, допустим, с 5000 до 6000 мин<sup>-1</sup>. Однако при этом возникают нежелательные (вредные) эффекты: мощность на резание возросла, увеличился уровень шума, и стала заметной вибрация ножевого вала. Пусть возникла потребность еще улучшить качество обработки на станке. Расчеты показывают, что этого можно достичь с увеличением частоты вращения ножевого вала с 6000 до 8000 мин<sup>-1</sup>. Но при этом нежелательная вибрация ножевого вала возрастает настолько, что качество обработки не улучшается, а наоборот, ухудшается. От-

ношение между потребностью и обычным путем ее разрешения с помощью станка настолько обострилось, что стало тормозом дальнейшего развития.

*Такое единство улучшения и ухудшения сторон технической системы, единство положительного и нежелательного эффектов при изменении части системы, называется техническим противоречием.*

Технические противоречия присущи всем техническим системам. Они рождаются с созданием системы и изменяются или исчезают при качественном ее изменении. При этом с умиранием одних главных противоречий появляются новые.

*Технические системы рождаются и умирают с техническими противоречиями. Без технических противоречий систем не бывает.*

### **3.3. Выявление технического противоречия**

При анализе технических объектов главная задача заключается в выявлении и формулировании технического противоречия. Когда оно найдено, задача часто решается легко, противоречие устраняется.

Разрешить обостренное техническое противоречие – значит перевести техническую систему в такое состояние, при котором ухудшение одной из ее сторон, связанной с данным противоречием, перестает быть недопустимым, угрожающим. При этом стороны технической системы, составляющие это техническое противоречие, либо остаются противоположностями, либо перестают быть ими. В последнем случае противоречие устранено полностью. Однако технических систем без противоречий не бывает. Вместо устраненного противоречия возникает другое, которое должно быть не обостренным. Поэтому задача разработчика технической системы сводится не столько к устранению исходного нежелательного эффекта, сколько к недопущению других отрицательных (побочных нежелательных) эффектов.

Для выявления технического противоречия (ТП) надо установить, как связаны между собой положительный эффект (ПЭ) и нежелательный эффект (НЭ) через внутреннее функционирование техни-

ческой системы (ТС). Иначе говоря, необходимо выделить причинно-следственную цепочку между улучшаемой и ухудшаемой сторонами ТС. Для этого воспользуемся алгоритмом исследования ситуации, предложенным Н.П. Колчевым [7].

*Анализ ситуации выполняется в следующем порядке.*

1. Описать ТС – название, назначение, состав.
2. Описать среду, взаимодействующую с ТС.
3. Выявить основной недостаток ТС (НЭ– 1) .
4. Описать обычный (очевидный) способ устранения (СУ) недостатка.
5. Определить НЭ–2 , который возникает при применении очевидного СУ для НЭ–1 по п.4.
6. Сформулировать ТП–1 по схеме: "Если использовать СУ по п. 4, то устраняется НЭ–1, но при этом возникает НЭ–2 по п. 5".
7. Сформулировать ТП–2 по схеме: "Если создать состояние, противоположное состоянию по п. 4, то НЭ–1 не устраняется, но и не возникает НЭ–2".

### **3.4. Решение задач**

#### **Задача 1. Направляющие ножи лесопильной рамы**

Станок "Лесопильная рама" (рис. 19) снабжен направляющим ножевым устройством, предназначенным для базирования бревна при его распиловке. Устройство включает раму, жестко закрепленную на станине за станком, и два раздвижных ножа 1, которые могут входить в пропилы между брусом 2 и боковыми досками 3. Часто ножи не попадают в пропилы, что требует вмешательства рабочего, и снижает производительность. Как быть?

Проведем анализ ситуации.

1. Направляющее устройство для базирования распиливаемого бревна на лесопильной раме включает неподвижную раму и два ножа.
2. Среда включает брус и боковые доски.
3. НЭ–1: ножи не попадают в пропилы.
4. СУ: ножи подвинуть как можно ближе к пилам (рис. 20).

5. Ножи толщиной 10 мм будут входить в пропи́л шириной 4 мм. При отгибе досок (плечо равно ширине пилы) возникает большое давление досок на ножи, увеличивается сила трения ножей в пропи́лах, что негативно повлияет на прочность конструкции и мощность привода подачи.

6. ТП–1: если ножи подвинуть ближе к пилам, то они будут попадать в пропи́лы, но увеличатся силы трения на ножах.

7. ТП–2: если ножи отодвинуть дальше от пил, то силы трения значительно уменьшатся, но ножи не будут попадать в пропи́лы (рис. 21).

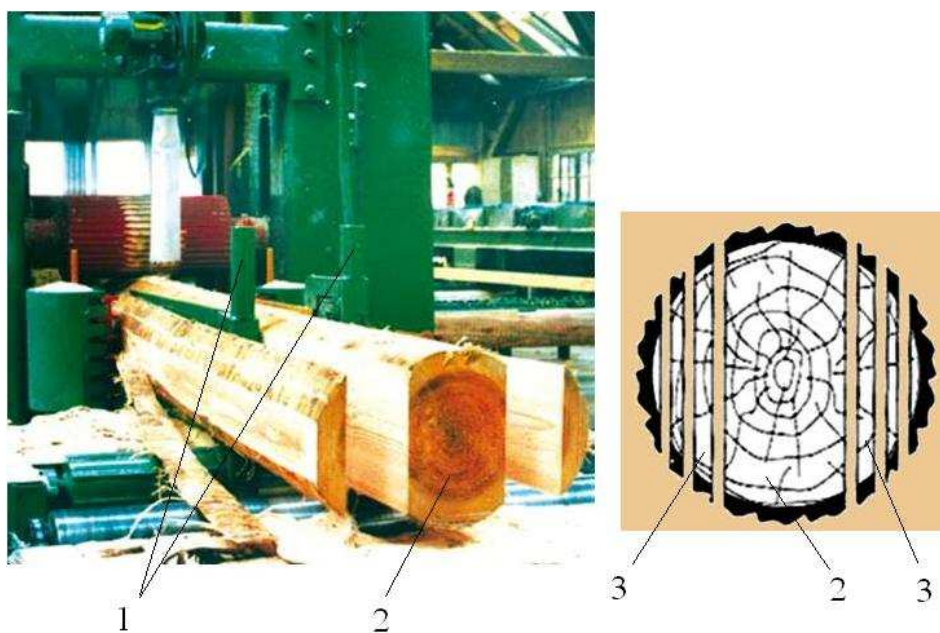


Рис. 19. Способ базирования бруса ножевым устройством:  
1 – ножи; 2 – брус; 3 – боковые доски

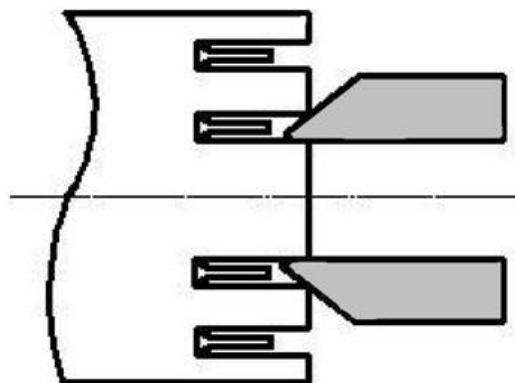


Рис. 20. Ножи подведены близко к пилам



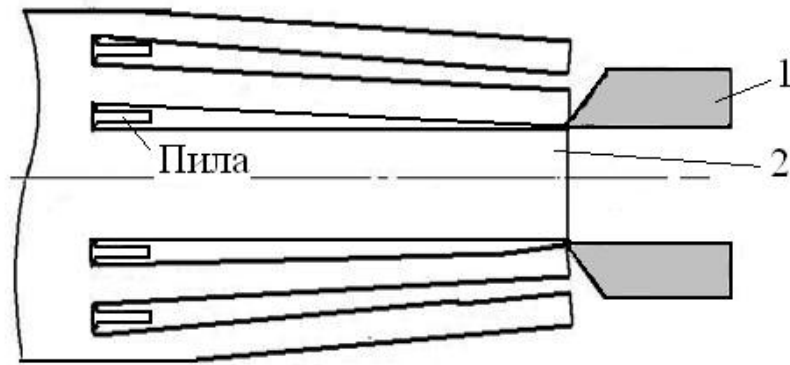


Рис. 21. Ножи отведены далеко от пил

Сейчас, когда ТП–1 и ТП–2 сформулированы, до решения задачи остался один шаг. Надо, чтобы оба технических противоречия были реализованы. Для каждого распиливаемого бревна надо ножи сначала подвести ближе к пилам, чтобы они вошли в пропилы, а затем отодвинуть на допустимую величину до упора (рис. 22).

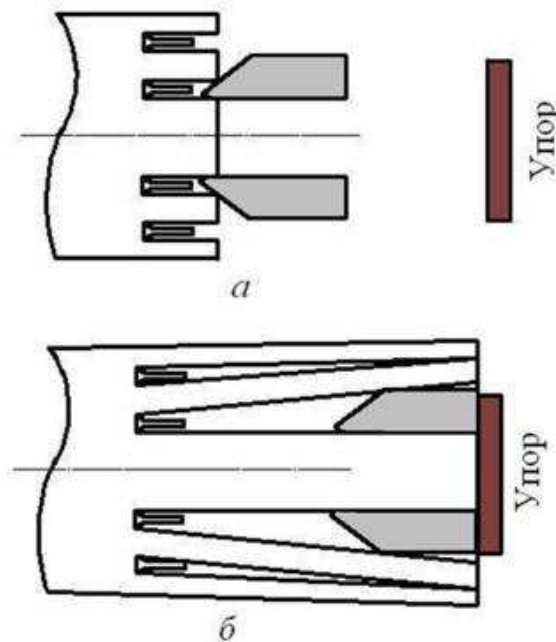


Рис. 22. Решение задачи:

*a* – начало пиления; *б* – продолжение пиления бревна до окончания

Ножи перемещаются к пилам пневмоцилиндром, а обратный ход до упора обеспечивается силами трения на ножах.

## Задача 2. Защитное устройство круглопильного станка для продольного пиления древесины

Круглопильный станок для продольного пиления древесины (рис. 23) включает стол, пильный вал с пилой, вальцовый механизм подачи.

При работе станка пила вращается с окружной скоростью  $V = 50$  м/с. Подача на станке встречная. Скорость подачи  $V_s = 30 \dots 80$  м/мин. Проведем анализ работы станка.

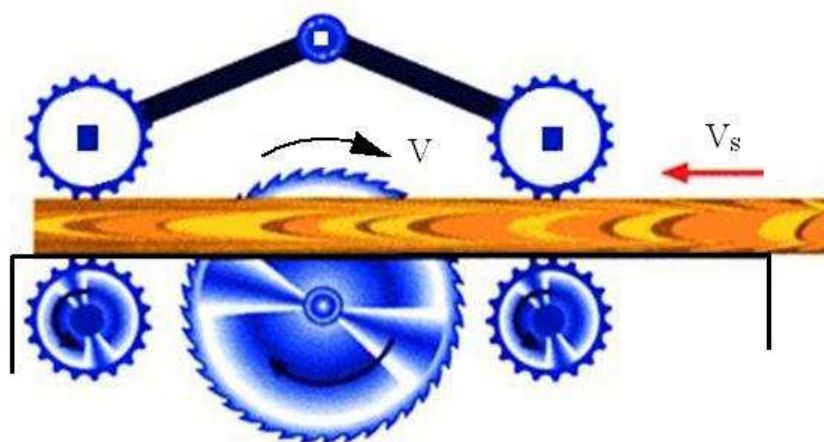


Рис. 23. Функциональная схема круглопильного станка

1. Недостаток круглопильного станка заключается в том, что нерабочие зубья пилы перемещаются в пропиле, формируемом передними рабочими зубья. При этом нерабочие зубья пилы могут врезаться в отпиленную заготовку, разогнать и выбросить ее из станка в сторону рабочего. В результате не только станочник, но и другие рабочие цеха могут получить тяжелые травмы. Это основной недостаток круглопильного станка. Как от этого избавиться?

2. Для предотвращения опасности получения травмы предложим простейшее решение: на пути вылета выброшенной заготовки поставим защитную стенку. Так получена новая техническая система, включающая станок и стенку. Она имеет свои недостатки.

2а. Другой вариант простейшего решения. Для предотвращения опасности получения травмы надо исключить возможность взаимо-

действия нерабочих зубьев пилы с отпиленной частью заготовки. Для этого в пропил за пилой вставим широкую пластину толщиной равной ширине пропила. В этом случае отпиливаемые части заготовки будут скользить по боковым стенкам пластины, и неработающие зубья пилы не будут врезаться в стенки пропила. Так получена еще одна техническая система, включающая станок и пластину, вставленную в пропил. Система имеет свои недостатки.

3. Выявляем новый недостаток: возникает затруднение подачи заготовок в станок. Стенка мешает подаче заготовок.

3а. Новый недостаток: затрудняются условия работы. Из-за внутренних напряжений в древесине заготовки щель пропила за пилой может смыкаться, становиться уже, и пластину становится трудно завести в пропил.

4. Запишем техническое противоречие ТП-1: если на станке нет защитной стенки, то заготовки могут беспрепятственно подаваться в станок, но вылетевшая заготовка из станка может травмировать рабочего.

4а. ТП-1а: если на станке за пилой нет пластины, то заготовки могут беспрепятственно подаваться в станок, но отпиленная часть заготовки может вылететь из станка и травмировать рабочего.

5. Запишем техническое противоречие ТП-2: если на станке установить защитную стенку, то она создаст препятствие подаче заготовок в станок, но вылетевшая заготовка из станка будет задержана стенкой и опасность травматизма будет предотвращена, по крайней мере, рабочих за стенкой.

5а. ТП-2а: если на станке за пилой установить пластину, то затрудняются условия работы, но отпиленная часть заготовки не вылетит из станка.

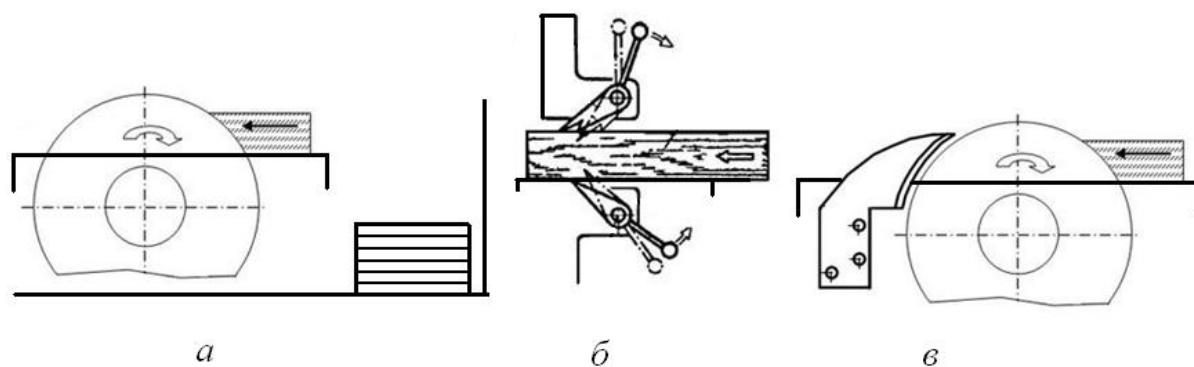


Рис. 24. Варианты решения задачи:

*а* – заготовки расположены перед стенкой; *б* – защита когтевыми завесами; *в* – защита расклинивающим ножом

6. Опираясь на технические противоречия ТП-1, ТП-2 и ТП-1а, ТП-2а создадим несколько вариантов решения задачи (рис. 24):

– защитную стенку поставим перед станком на некотором расстоянии так, чтобы стенка не мешала подавать заготовки в станок. В этом случае стенка будет защищать от травм рабочих, работающих за стенкой, но опасность травматизма для станочника сохраняется;

– защитную стенку установить на станке и выполнить ее в виде набора узких зубьев (когтей), свободно подвешенных на поддерживающей оси. При подаче заготовки в станок зубья поднимаются, поворачиваясь на оси, а при выбросе заготовки зубья врезаются в заготовку и заклинивают ее;

– для предотвращения выброса заготовки надо исключить возможность взаимодействия неработающих зубьев со стенками пропила. Для этого пластину следует выполнить в виде расклинивающего ножа, толщиной на 0,5 мм больше ширины пропила, и установить его за пилой на расстоянии 10...30 мм от неработающих зубьев, при этом переднюю кромку расклинивающего ножа выполнить с углом заострения 30°.

В современных круглопильных станках для продольного пиления древесины всегда используются когтевые завесы и расклинивающие ножи.

### **Задача 3. Анализ работы круглопильного станка с вальцовым механизмом подачи**

Вальцовый механизм подачи включает, как минимум, четыре вальца. Обычно два вальца расположены перед пильным валом и два – за ним. Подающими могут быть все вальцы, или только нижние, или только верхние. Во всех случаях верхние вальцы являются еще и прижимными [8]. При наладке станка все геометрические оси вальцов механизма подачи стремятся выставить параллельно геометрической оси пильного вала. Отклонение от параллельности образующих верхних и нижних вальцов допускается не более 0,5 мм на длине 1000 мм [17].

Строго говоря, даже при установке вальцов в соответствии с указанными допусками образующие вальцов располагаются непараллельно друг другу. Такие вальцы при работе смещают заготовку вбок (рис. 25). Например, верхний валец 2 действует на заготовку 7 силой тяги  $Q$ , вектор которой проходит перпендикулярно образующей. Разложим эту силу на силу  $N$ , параллельную плоскости круглой пилы, и силу  $T$ , перпендикулярную диску пилы. Сила  $T$  создает поперечное смещение заготовки и вызывает криволинейный пропил. Как от этого избавиться? Для решения этой задачи воспользуемся методом выявления и разрешения технического противоречия [16], пройдя несколько этапов.

1. *Современная конструкция станка.* Круглопильный станок для продольного пиления древесины включает станину, на которой смонтированы направляющая линейка 1 (рис. 25), круглая пила 4, посаженная на пильном валу, соединенном с приводом и передние 2 и задние 5 подающие вальцы.

2. *Основной недостаток станка* заключается в том, при работе вальцы создают поперечную силу, смещающую заготовку вбок. В результате при простоте конструкции станка точность пропила понижается.

3. *Очевидный способ устранения этого недостатка.* Поскольку в работающем вальцовом механизме подачи возникает поперечная

сила  $T$ , смещающая заготовку вбок, то для препятствия поперечному смещению около подающих валцов следует поставить упор. Упор 3 будет препятствовать смещению вправо, а упор 6 будет препятствовать смещению заготовки влево.

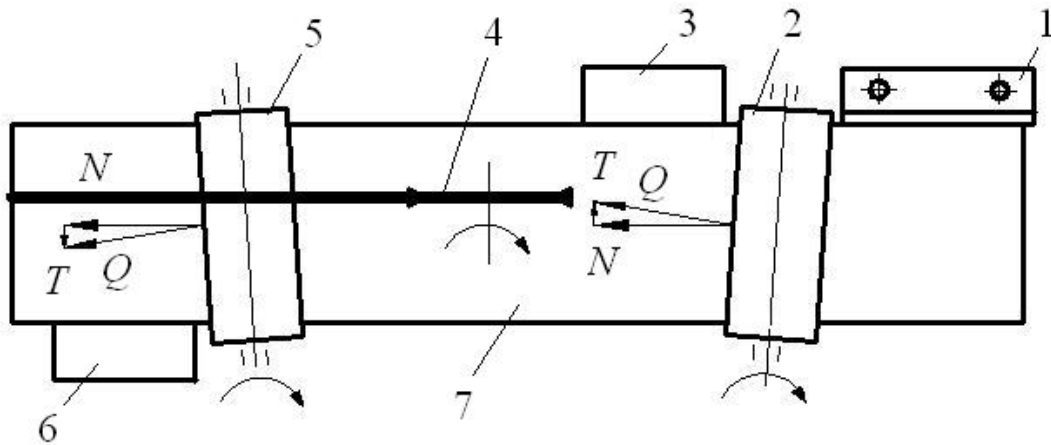


Рис. 25. Схема продольного пиления заготовки на круглопильном станке с вальцовым механизмом подачи:

1 – направляющая линейка; 2 – передние подающие валцы; 3 – боковой упор правый; 4 – пила круглая; 5 – задние подающие валцы; 6 – боковой упор левый; 7 – заготовку распиливаемая

Надеемся, что установленные упоры обеспечат прямолинейную подачу заготовки. Круглопильный станок с боковыми упорами есть новая техническая система, которой свойственны свои недостатки.

4. *Недостатки станка с боковыми упорами.* Боковые упоры, расположенные слева и справа от заготовки не позволяют изменять ширину распиливаемой заготовки. Кроме того, усложняется конструкция станка.

5. Сформулируем технические противоречия старой и новой технических систем.

ТП–1: если станок выполнен без боковых упоров, то на нем можно распиливать заготовки любой ширины, но при простоте конструкции точность пропила низкая;

ТП–2: если круглопильный станок выполнен с боковыми упорами, то на нем невозможно распиливать заготовки переменной ширины, но точность пропила высокая при сложной конструкции станка.

6. Опираясь на ТП–1 и ТП–2, найдем решение задачи. Для того чтобы обеспечить возможность распиливания заготовки переменной ширины, упор 6 перенесем направо от подающих валцов 5. Для этого, проводя наладку валцов в соответствии с действующими нормами, заведомо обеспечим смещение заготовки вправо. Сейчас видим, что оба боковых упора расположены на стороне расположения боковой направляющей линейки 1. Если боковую направляющую линейку сделать длинной, то она может заменить указанные упоры.

7. *Решение.* Круглопильный станок с вальцовым механизмом подачи, включающий станину, пильный вал с круглой пилой, подающие валцы и направляющую линейку, отличающийся тем, что с целью повышения точности пропила, направляющая линейка проходит от передней кромки стола до задних подающих валцов, при этом валцы должны быть заведомо установлены так, чтобы поперечное смещение заготовки в них было направлено в сторону направляющей линейки.

#### **Задача 4. Проектирование конструкции круглопильного станка с конвейерной подачей**

Конвейерные механизмы подачи обеспечивают высокую точность прямолинейного перемещения заготовки.

Гусеничный конвейер (рис. 26а) состоит из бесконечной ленты массивных звеньев 5, свободно надетой на четыре колеса 1, смонтированных на вале 3 и оси 8. Звенья связаны роликовтулочной цепью 6, которая находится в зацеплении с ведущей звездочкой 2. При вращении звездочки 4 гусеница приводится в движение.

Звенья гусеницы имеют рифленую поверхность. Верхняя ветвь гусеницы установлена на клиновых направляющих 7, которые обеспечивают точное прямолинейное движение гусеницы.

Такой конвейер используется в однопильных круглопильных станках, в которых пильный вал расположен над заготовкой. Для выхода пилы 9 из пропила в звеньях гусеницы сделана канавка глубиной 5 мм.

В станке распиливаемая заготовка 11 прижимается прижимными вальцами 10 (рис. 26б) к гусеничному конвейеру.

Проведем анализ работы станка.

1. *Недостаток станка.* Недостаток станка заключается в том, что в процессе работы станка из-за износа направляющих в парах «элементы гусеницы-направляющие» появляются люфты. Точность прямолинейного перемещения гусеницы понижается. Снижается точность прямолинейности кромок распиленных заготовок.

Причина возникновения этого недостатка заключается в больших силах трения в парах трения «элементы гусеницы-направляющие». Давление прижимных вальцов 10 и вес заготовки 11 полностью передаются на гусеницу и клиновые направляющие. Установленная на станке система смазки направляющих не дает желаемого результата. Как устранить этот недостаток?

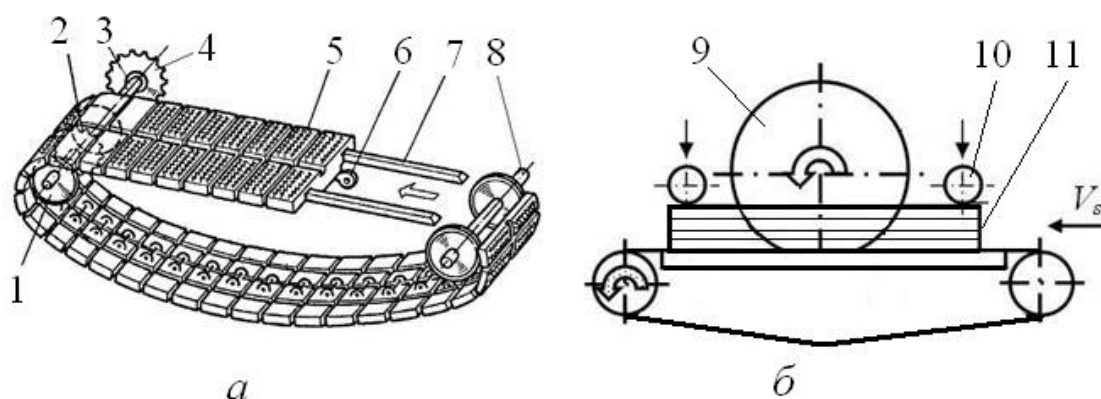


Рис. 18. Круглопильный станок с гусеничным механизмом подачи:  
 1 – колесо; 2 – ведущая звездочка; 3 – вал; 4 – звездочка; 5 – звенья конвейера; 6 – цепь; 7 – клиновые направляющие; 8 – ось; 9 – пила;  
 10 – прижимные вальцы; 11 – распиливаемая заготовка

2. *Предложить очевидный способ устранения недостатка.* Если такой способ предложить трудно, то можно воспользуемся рекомендациями межотраслевого фонда эвристических приемов преобразования объекта [18], приведенными в приложении А или указателем применения физических эффектов и явлений [2], приведенным в приложении Б. Из указанных приложений можно почерпнуть следующие идеи:



– в п. «1. Преобразование формы» рекомендуется «1.4. Перейти от прямолинейных частей, плоских поверхностей ... к криволинейным ...» (приложение А).

– в п. «2. Преобразование структуры» интересная идея «2.1. Исключить наиболее напряженный (нагруженный элемент)». В решаемой задаче наиболее нагруженным элементом является направляющая гусеницы, она воспринимает нагрузку от веса заготовки и давления прижимных вальцов. Рекомендуется освободить направляющую гусеницы от нагрузок. Итак, очевидный способ устранения недостатка системы – освободить направляющую гусеницы от нагрузок;

– в п. «5. Преобразование движения и силы» рекомендуется «5.9. Заменить трение скольжения трением качения». Гусеница должна перемещаться по направляющей методом качения;

– в п. «13. Изменение трения» (приложение Б) рекомендуется:

– заменить трение покоя трением движения;

– создать колебание трущихся поверхностей;

– использовать эффект безызносности (пара сталь-бронза с глицериновой смазкой практически не изнашивается).

Итак, в качестве очевидного способа устранения недостатка можно использовать шесть способов. Используя каждый из них в решении задачи, получим шесть вариантов новых систем.

Воспользуемся пока одним способом: освободить направляющую гусеницы от нагрузок (исключить прижимной ролик). С использованием этого способа устранения недостатка будет создана новая система, у которой будут свои недостатки.

*3. Недостаток новой технической системы.* Ясно, что в механизме подачи тяговое усилие создается силой трения заготовки с гусеницей. С исключением прижима заготовки подача ее в станок становится невозможной.

*4. Сформулируем технические противоречия систем:*

– ТП-1: если направляющую гусеницы не освободить от нагрузок, то из-за трения скольжения направляющая быстро изнашивается и точность распиловки заготовок понижается, но механизма подачи функционирует нормально;

– ТП-2: если направляющую гусеницы освободить от нагрузок, то износ ее уменьшается и точность распиловки заготовок повышается, но механизм подачи становится неработоспособным.

5. *Поиск рещения задачи.* Технические противоречия ТП-1 и ТП-2 есть подсказки к решению задачи. Идеи, изложенные в них, должны быть в самом решении, но для получения решения надо приложить некоторое усилие.

Решение может быть таким, как показано на рис. 27.

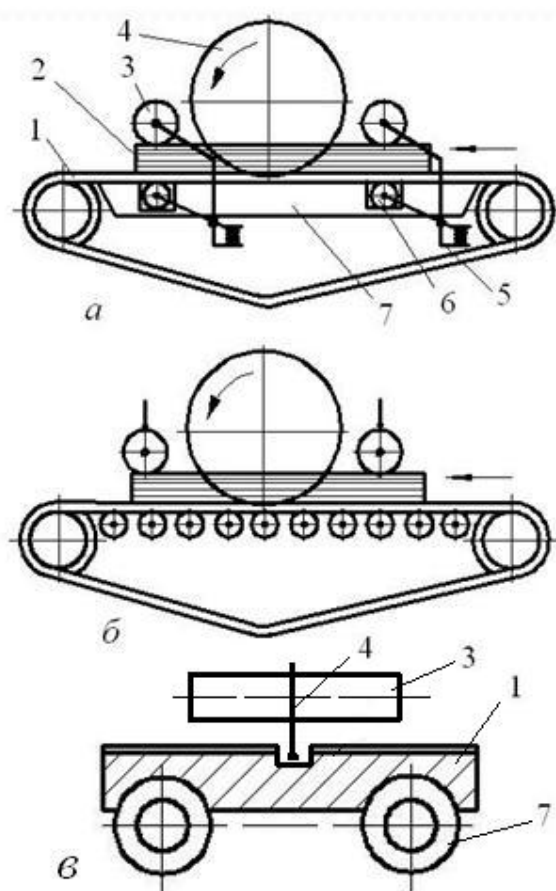


Рис. 27. Варианты полученных гусеничных механизмов подачи:

- 1 – гусеничная цепь; 2 – распиливаемая заготовка; 3 – прижимной ролик; 4 – круглая пила; 5 – подпружиненные рычаги типа ножницы;
- 6 – ролик, прижимаемый к гусенице; 7 – призматическая направляющая с гнездами для роликов

*Вариант 1* (рис. 27а). Станок, включающий пилу, прижимные ролики и гусеницу на призматических направляющих, отличающийся тем, что с целью повышения точности распиловки, в направляющих

сделаны гнезда, в которые вставлены нижние ролики, при этом нижние ролики и прижимные ролики смонтированы на подпружиненных рычагах типа ножницы. Ролики на рычагах прижимают заготовку только к гусенице, обеспечивая нормальное функционирование механизма подачи.

*Вариант 2* (рис. 27б). призматические направляющие заменены роликовыми направляющими.

*Вариант 3* (рис. 27в). Механизм подачи станка, включающий гусеничный конвейер, направляющие скольжения, прижимные ролики, пилу, отличающийся тем, что с целью повышения точности распиловки, направляющие скольжения выполнены цилиндрическими и установлены в подшипниках с возможностью поворота относительно их продольных осей. При износе направляющих они поворачиваются на некоторый угол и взаимодействуют с гусеницей неизношенной поверхностью.

*Вариант 4*. В механизме подачи призматические направляющие выполнены из бронзы, и направляющие смазываются глицериновой смазкой.

## **Задача 5. Проектирование конструкции фуговального станка**

Фуговальные станки широко применяются в деревообработке для создания плоских базовых поверхностей заготовок, поверхностей, от которых формируются размеры и форма деталей.

Известен фуговальный станок, включающий станину, на которой смонтированы передний и задний плоские столы, между которыми расположен ножевой вал, вращающийся с частотой около  $6000 \text{ мин}^{-1}$ . Над столами расположен конвейерный механизм подачи [8].

Недостаток станка заключается в том, что при обработке тонких заготовок создать плоскую базовую поверхность трудно, так как под действием сил резания и давления подающего механизма покоробленная заготовка распрямляется. После обработки и снятия заготовки со станка покоробленность заготовки сохраняется.

Проектирование любого объекта техники проходит несколько этапов, когда производится поиск и разработка множества предлагаемых вариантов, их анализ и отбор рационального варианта, пригодного для последующего конструирования. Для поиска новых вариантов решения технической задачи воспользуемся методом выявления и разрешения технического противоречия [16].

Технические противоречия присущи всем техническим системам. Они рождаются с созданием системы и изменяются или исчезают при качественном ее изменении. При этом с умиранием одних главных противоречий появляются новые противоречия.

Технические системы рождаются и умирают с техническими противоречиями. Без технических противоречий систем не бывает.

Покажем использование метода разрешения технического противоречия в поиске вариантов новых решений на примере проектирования фуговального станка. Для этого рассмотрим несколько шагов.

1. *Недостаток станка.* Основной недостаток известных фуговальных станков заключается в том, что при обработке тонких заготовок создать плоскую базовую поверхность трудно. Механизм подачи станка давит на заготовку силой  $N$  и под действием силы сцепления  $T$  перемещает ее по столу относительно ножевого вала (рис. 28). Сила нормального давления  $N$  разгибает покоробленную заготовку, в результате чего после обработки на станке покоробленность в заготовке сохраняется. Прогиб заготовки получается потому, что при базировании на столе пластью момент сопротивления заготовки мал:  $W = bh^2/6$ .

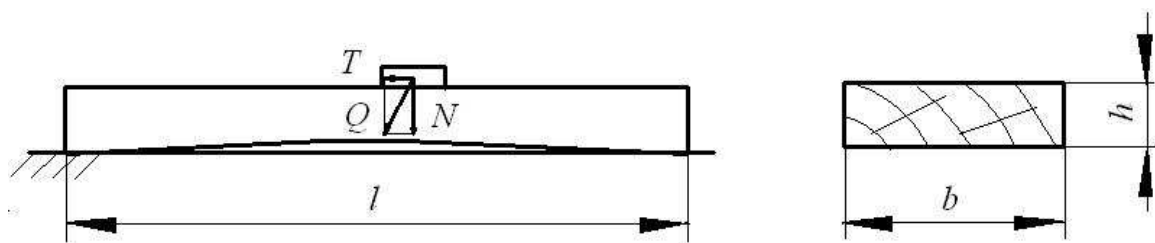


Рис. 28. Схема перемещения заготовки по столу фуговального станка

2. Предложим простейший способ увеличения момента сопротивления, увеличения жесткости заготовки. Повернем заготовку с

пласти на ребро, тогда  $W = hb^2/6$ . Заготовка может базироваться на столе станка пластью или кромкой, только механизм подачи или прижим должен взаимодействовать с заготовкой путем сцепления с ее кромкой. Давление механизма подачи или прижима должно передаваться на кромку заготовки. При таком базировании заготовки создается новый станок, новая техническая система.

3. С рождением новой системы появляются новые недостатки. Основной недостаток новой технической системы заключается в том, что она не позволяет прифуговывать пласт заготовки традиционным способом, используемым на современных фуговальных станках.

4. Сформулируем суть технических противоречий: ТП-1 и ТП-2.

ТП-1: если не повышать момент сопротивления тонкой заготовки, то для фугования можно использовать общепринятый способ, но получить плоскую базовую поверхность трудно.

ТП-2: если увеличить момент сопротивления тонкой заготовки, то можно получить плоскую базовую поверхность, но использовать для этого общепринятый способ фугования невозможно.

Используя ТП-1 и ТП-2 предложим несколько способов фугования пласти тонкой заготовки (рис. 29).

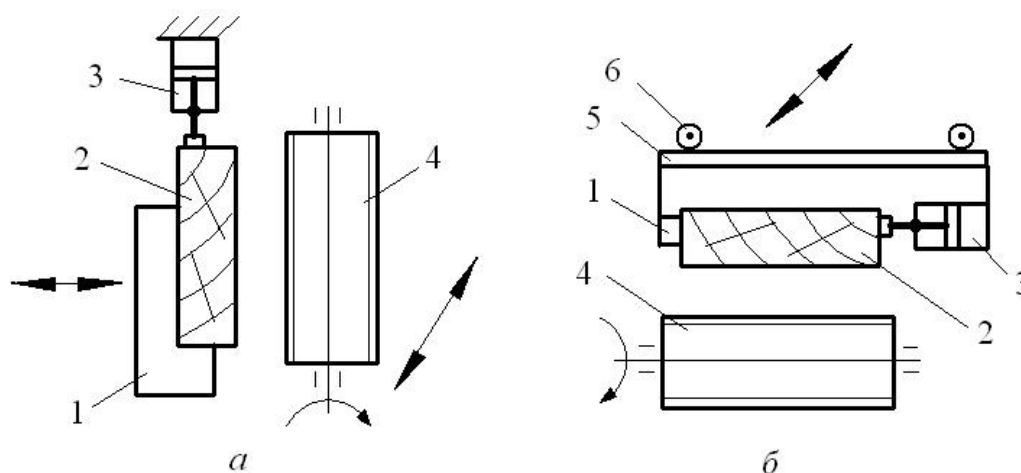


Рис. 29. Варианты функциональных схем фуговальных станков:  
*а* – вариант вертикального базирования; *б* – вариант горизонтального базирования: 1 – упор; 2 – заготовка; 3 – пневмоцилиндр; 4 – ножевой вал; 5 – рама механизма подачи; 6 – направляющие

*Вариант 1.* Заготовка 2 (рис. 29а) устанавливается кромкой (узкой стороной) на упоре 1 и прижимается к упору пневмоцилиндром 3. Упор можно расположить на станке горизонтально или вертикально. Упор смонтирован на суппорте и имеет поперечное настроечное перемещение. Это перемещение позволяет установить толщину срезаемого слоя древесины при фуговании.

Ножевой вал станка имеет вращательное движение от электродвигателя и совершает возвратно-поступательное движение относительно упора с заготовкой со скоростью подачи.

*Вариант 2.* Станок (рис. 29б) имеет станину, на которой смонтированы передний стол, настраиваемый по высоте на глубину фрезерования, ножевой вал и механизм подачи. При этом механизм подачи имеет, смонтированные на раме 5 механизма упор 1 и пневмоцилиндр 3. Рама механизма подачи установлена на горизонтальных направляющих 6 и соединена с приводом, обеспечивающим ее возвратно-поступательное движение.

При работе станка заготовку 2 свободно кладут на передний стол станка и зажимают пневмоцилиндром к упору. Включают механизм подачи и недеформированная по пласти заготовка проносится относительно ножевого вала. После фугования получается базовая плоская плась заготовки.

### **Задача 6. Устройство для нанесения клея на вертикальные поверхности**

Для нанесения дозированного количества клея на вертикальные поверхности известно устройство по заявке ФРГ № 1728078, схематично показанное на рис. 30.

При работе устройства клей выдавливается через тонкие отверстия и размазывается на поверхности заготовки при ее движении. Обеспечивается дозированная подача клея, но тонкие отверстия быстро закупориваются отвердевшим клеем и пылью, а чистить их очень трудно. Устройство становится неработоспособным.

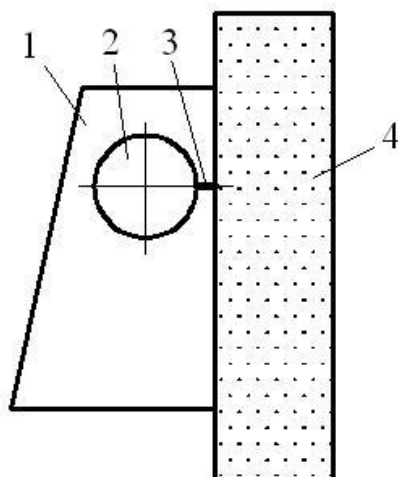


Рис 30. Устройство для нанесения клея (вид сверху):

- 1 – направляющая линейка (корпус); 2 – канал для нагнетания клея под давлением; 3 – тонкие отверстия, расположенные по высоте;  
4 – заготовка

Проведем анализ конструкции устройства.

1. *Очевидный способ устранения недостатка.* Отверстие для выдачи клея на поверхность заготовки надо выполнить в виде одной щели, удобной для последующей чистки. Так получена новая система.

2. Недостаток новой системы. Щель не позволяет дозированно выдавать клей.

3. Сформулируем технические противоречия:

ТП-1: если отверстия для выдачи клея сделать в виде тонких отверстий, то обеспечивается дозированная подача клея к заготовке, но чистить отверстия трудно;

ТП-2; если отверстие для выдачи клея сделать в виде одной щели, то дозированная подача клея к заготовке затруднена, но чистить щель удобно.

Как разрешить эти противоречия? Как устройство со щелью заставить работать?

Обратимся к приложению А. В п. 2.4 записано: «Присоединить к базовому элементу дополнительное специализированное орудие труда, инструмент». Это орудие труда должно обеспечивать дозирование. Таким орудием может быть витая пружина сжатия.

4. *Решение.* На рис. 31 показано клеенаносящее экструзионное устройство. Оно включает полый корпус 1, заглушку 2 с клееподво-

дующим каналом, пружину 6 и упор 7, вставленные в полость корпуса. Упор может перемещаться в корпусе регулировочным винтом 8. В корпусе имеется щель 5, которая может быть открыта на заданный размер с помощью выдвигной линейки 3, удерживаемой направляющей 4.

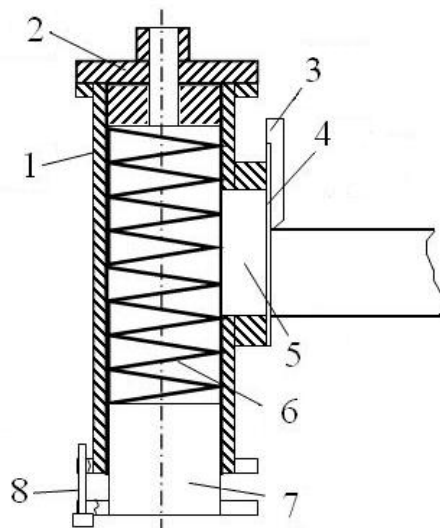


Рис 31. Новое клеенаносящее устройство:

1 – корпус направляющей линейки; 2 – заглушка с отверстием для нагнетания клея; 3 – линейка (задвижка); 4 – направляющая; 5 – щель; 6 – пружина; 7 – упор, сжимающий пружину; 8 – винт

При настройке устройства винтом 8 упор 7 вводят в полость корпуса. Пружина 6 сжимается, межвитковые зазоры ее становятся такими, что способны пропускать только заданную порцию клея.

Клей под давлением, например, самотеком из поднятой на некоторую высоту емкости, подается в полость пружины 6 и через ее межвитковые зазоры и щель 5 вытекает дозированно наружу к заготовке и размазывается по ней направляющей 4.

### Задача 7. Лесопильная рама

Лесопильные рамы – это станки, предназначенные для продольного распиливания бревен и брусьев на пиломатериалы. Пиление производится одной или несколькими полосовыми пилами (4 – 10 шт.), натянутыми в пильной рамке и образующими постав. При пиле-



нии бревна за один проход получается пакет необрезных пиломатериалов или брус с необрезными досками. При распиливании бруса за один проход получается пакет обрезных и необрезных досок.

Для производства пиломатериалов используются вертикальные лесопильные рамы одноэтажные или двухэтажные, в которых пильная рамка с пилами перемещается перпендикулярно оси распиливаемого бревна. Установленная мощность станков: одноэтажных лесопильных рам – 30...50 кВт, двухэтажных – 133...179 кВт.

Один из недостатков лесопильной рамы заключается в том, что при распиливании бревен диаметром меньше расчетного, станок не удается загрузить полностью по мощности. Если увеличить при этом скорость подачи, то значение затрачиваемой мощности на пиление увеличивается, но при этом получают пиломатериалы недопустимой шероховатости.

Итак, при распиливании на лесопильной раме тонких бревен станок не удается загрузить полностью по мощности, в результате чего снижается производительность станка. Как быть?

Проведем анализ по методике Н.П. Колчева.

Для устранения недостатка лесопильной рамы методикой предписано предложить очевидный способ избавления от недостатка. Но какой это способ?

Если возникли затруднения, то обратимся к эвристическим приемам (приложение А). В п. 3.1. указано «Изменить традиционную ориентацию объекта в пространстве:

– горизонтальное положение на вертикальное или наклонное...»

Итак, наклоним лесопильную раму относительно вертикальной оси на угол  $\varphi$ . Бревно при этом подается горизонтально. Нетрудно определить, что высота пропила при этом достигает величины  $\frac{d}{\cos \varphi}$ , а

скорость подачи  $\frac{V_s}{\cos \varphi}$ . Таким образом, наклоняя корпус лесопильной

рамы на угол  $\varphi$  (рис. 32), удается загрузить станок по мощности и увеличить производительность станка. Задача решена.

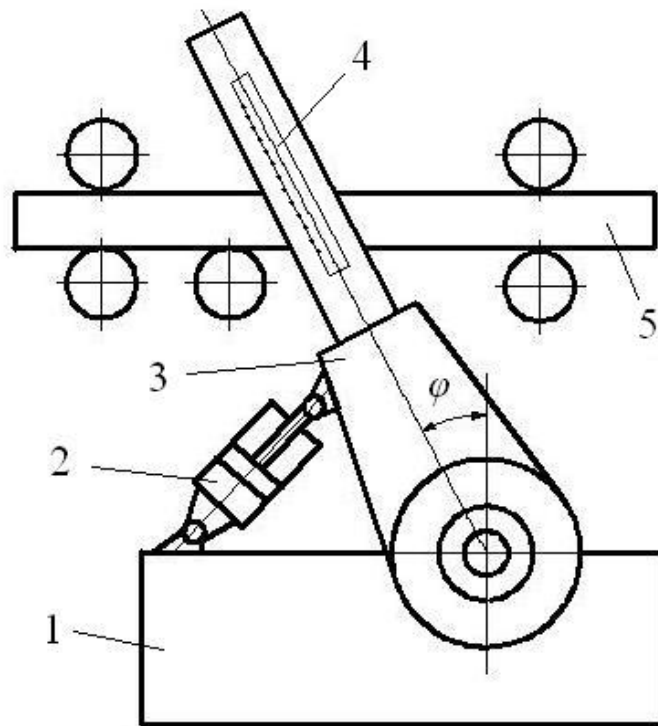


Рис. 32. Схема предлагаемой лесопильной рамы:

1 – плита; 2 – гидроцилиндр; 3 – лесопильная рама;  
4 – пильная рамка с поставом пил; 5 – распиливаемое бревно

### Задача 8. Рамная пила

Рамные пилы используются в станках «Лесопильные рамы» при распиливании бревен на пиломатериалы. Пила выполнена в виде полосы длиной 1950 мм, шириной 180 мм и толщиной 2,0...2,5 мм. на одной из кромок полосы нарезаны зубья (рис. 33).

При работе пилы совершают возвратно-поступательное движение в вертикальной плоскости. Двигаясь вниз, пилы совершают рабочий ход и срезают стружку, формируя в бревне пропилы. Двигаясь вверх, пилы совершают холостой ход. В этот период времени пилы пилить не могут. Однако при непрерывной подаче бревна зубья пил своими задними гранями в начале холостого хода вдавливаются в дно пропилов и создают вредное сопротивление (силы скобления дна пропила и отбоя бревна).

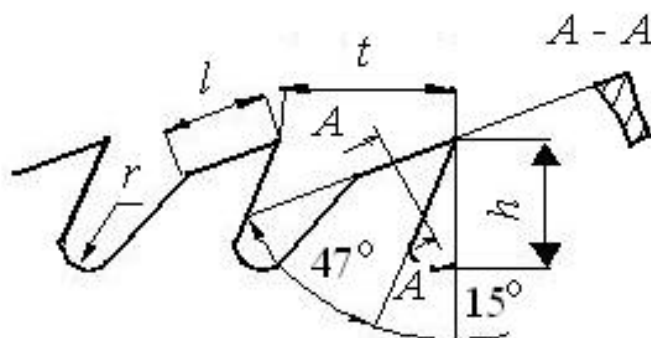


Рис. 33. Зубья рамной пилы

Силы вредного сопротивления действуют приблизительно на 1/3 пути холостого хода. Как избавиться от этих сил?

Проведем анализ. Для устранения указанных вредных сил надо предложить очевидный способ избавления от этих сил. Такой способ найти трудно, поэтому снова обратимся к эвристическим приемам (приложение А). Воспользуемся пунктами 1.4 и 1.5:

«1.4. Перейти от прямолинейных частей, плоских поверхностей, кубических и многогранных форм (особенно в местах сопряжений) к криволинейным, сферическим и обтекаемым формам. Инверсия приема.

1.5. Объекту (элементу), работающему под нагрузкой, придать выпуклую (более выпуклую) форму».

Предлагается плоским задним граням зубьев придать выпуклую, обтекаемую форму.

Полученное решение можно записать так: рамная пила, включающая полотно с плющеными зубьями, имеющими по передним граням прямую заточку, отличающаяся тем, что с целью снижения сил вредного сопротивления в начале холостого хода пил, задние грани зубьев выполнены с косой заточкой, образующей кромку, совпадающую с продольной осью пилы (рис. 34).

Зубья такой пилы по задним граням стали более обтекаемыми. В начале холостого хода пилы, когда зубья своими задними гранями мнут дно пропила, клиновидная задняя грань врезается и раздвигает древесные волокна симметрично в обе стороны. Волокна древесины при

этом сжимаются не в продольном, а в продольно-поперечном направлении, оказывая меньшее сопротивление.

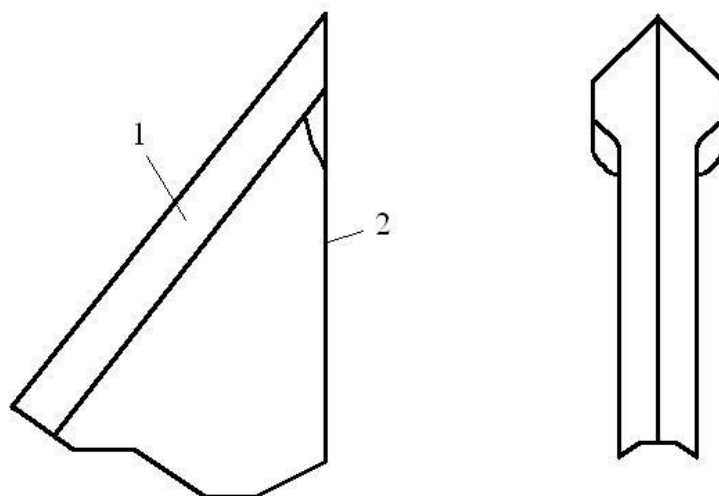


Рис. 34. Зуб предлагаемой рамной пилы

В период рабочего хода пилы режущие кромки передней грани зуба перерезают волокна древесины в торцово-поперечном направлении и тоже воспринимают меньшее сопротивление. Результаты экспериментальных исследований показано, что при работе зубьями с клиновой задней поверхностью силовые параметры процесса рамного пиления на 19...20% ниже обычного [19].

Уменьшение сил резания при пилении позволит увеличить надежность работы лесопильной рамы и сократить затраты на ремонтные работы.

### **Задача 9. Устройство для нанесения клея**

В деревообработке, мебельном производстве часто используются щитовые детали, получаемые методом склеивания делянок из массивной древесины и древесных материалов. Для нанесения клея при склеивании используют клеенаносящие устройства, обеспечивающие дозированное нанесение клея на вертикальные поверхности делянок, щитов.

Одно из таких устройств показано на рис. 35. Оно используется для нанесения клея на кромки мебельных щитов при облицовке их шпоном. Устройство состоит из тонкого стального диска 2, закрепленного на приводном горизонтальном валу, и бака 1 с клеем.

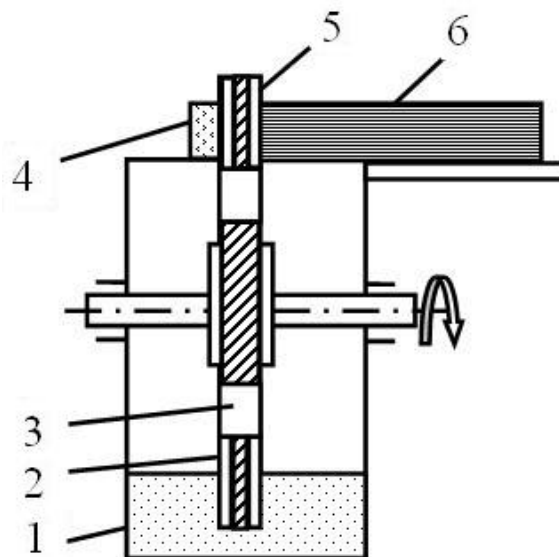


Рис. 35. Дисковое клеенаносящее устройство:

- 1 – бак с клеем; 2 – диск; 3 – отверстие;  
4 – полоска шпона; 5 – паз; 6 – деталь

Диск толщиной 1...2 мм имеет по окружности несколько отверстий 3 с радиально направленными в сторону периферии пазами 5. Пазы глубиной 0,3...0,6 мм имеются на обеих плоскостях диска. Они позволяют дозированно переносить клей из бака на склеиваемые поверхности детали 6 и полоски шпона 4.

При вращении диска в ванне клей прилипает к его боковым поверхностям и затекает в пазы. При контакте диска с деталью и шпоном клей переносится с поверхностей диска и размазывается. Пазы позволяют отвести излишки клея обратно в ванну.

При работе такое устройство не обеспечивает высокой точности дозирования из-за неполного переноса клея из пазов на деталь. При взаимодействии диска с деталью клей не только наносится на нее, но и выдавливается по пазам в сторону отверстий. Пазы плохо участвуют в формировании порций клея. На деталь наносится только часть клея. Регулировать дозирование клея не представляется возможным,

что приводит к перерасходу клея или к непромазыванию склеиваемых поверхностей и снижает качество (прочность) склеивания. Такая ситуация. Как быть?

Анализ. 1. Предложим очевидный способ устранения недостатка: сформировать порцию клея и полностью перенести ее на деталь.

Так получена новая система, которая обладает своим недостатком.

2. Недостаток новой системы: усложняется конструкция устройства.

3. Сформулируем технические противоречия:

– ТП–1: если доза клея специально не создается, то точность дозирования низкая, но конструкция устройства простая;

– ТП–2: если доза клея создана и она полностью переносится на деталь, то точность дозирования высокая, но конструкция устройства сложная.

4. Решение. Используя подсказки, сформулированные в ТП–1 и ТП–2, попытаемся найти решение задачи (рис. 36).

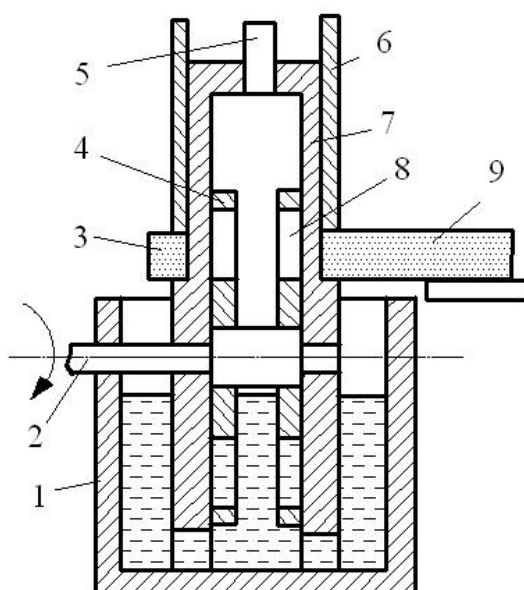


Рис. 36. Схема предлагаемого клеенаносящего устройства:

1 – ванна с клеем; 2 – вал; 3 – полоска шпона; 4 – диски; 5 – подвод сжатого воздуха; 6 – заслонки; 7 – корпус; 8 – окна; 9 – деталь

Решение можно сформулировать так: устройство для нанесения клея, содержащее клеевую ванну, диски с дозирующими пазами и их

привод, отличающееся тем, что с целью повышения точности дозирования клея и повышения качества склеивания, оно снабжено полым корпусом, установленным в ванне и соединенным с источником сжатого воздуха, при этом диски смонтированы в полости корпуса и соприкасаются с его стенками, а пазы выполнены сквозными окнами. В зоне расположения детали и полоски шпона в корпусе сделаны сквозные пазы.

При работе клей заполняет сквозные пазы-окна. Это есть заданная порция клея, доза. Когда пазы дисков совпадут с пазами корпуса, клей полностью выдавится сжатым воздухом на поверхность детали, и движущаяся деталь размажет порцию клея по своей поверхности.

### Задача 10. Устройство для фиксации ножек стола

Предлагаемое техническое устройство предназначено для крепления при сборке ножек обеденного стола.

Известен обеденный стол, включающий столешницу и ножки, закрепленные на царге стола (рис. 37). Ножки стола привертываются к царге стола винтами.

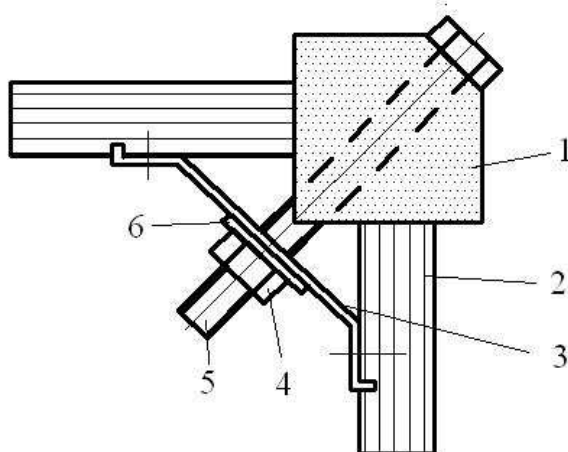


Рис. 37. Узел крепления ножек к царге:

- 1 – ножка стола; 2 – стенка царги; 3 – металлическая стяжка царги;  
4 – гайка; 5 – винт; 6 – шайба

Обеденные столы эксплуатируются в закрытых помещениях. Влажность воздуха в этих помещениях может изменяться в значительном диапазоне: в отопительный период года воздух в помещении

сухой, в осенний и летний периоды года воздух имеет повышенную влажность.

Когда воздух помещения сухой, древесина ножек и царги высыхает и уменьшается в объеме. Винтовое соединение ножек ослабевает и стол начинает качаться, становится неустойчивым. Когда воздух помещения имеет высокую влажность, древесины ножек и царги набухают, увеличивается в объеме и в винтовом соединении возникает повышенное напряжение. В месте контакта головки винта с ножкой древесина сминается, деформируется, разрушается.

Итак, основной недостаток известной конструкции – ослабление или перенапряжение места соединения, что вызывает неустойчивость стола и разрушение места соединения. Как быть?

По методике устранения недостатка надо предложить очевидный способ его устранения.

*Очевидный способ.* Между стяжкой 3 и шайбой 6 поместить эластичный элемент, компенсатор.

Так получена новая техническая система, которая имеет свой недостаток: усложнение конструкции.

Сформулируем технические противоречия, вытекающие из старой и новой технических систем:

– ТП-1: если в винтовом соединении ножки с царгой нет эластичного элемента, то конструкция соединения проста, но стол бывает неустойчив и разрушается древесина ножки;

– ТП-2: если в винтовом соединении ножки с царгой поместить эластичный элемент, то конструкция соединения усложняется, но стол становится устойчивым и древесина ножки не разрушается.

Технические противоречия – есть подсказка к решению задачи. Для устранения основного недостатка в систему надо ввести эластичный элемент. Что это такое? Предлагается в качестве эластичного элемента использовать, например, резиновую шайбу или винтовую пружину, работающую на сжатие. Эластичный элемент будет компенсировать изменение размеров древесины при ее высыхании и набухании.



### 3.5. Решение сложной задачи

*Дано.* В деревообрабатывающем цехе установлены станки торцовочный ЦКБ-40, прирезной ЦДК-5, фуговальный СФ-4А, рейсмусовый СР-8, фрезерный шипорезный с кареткой ФСШ-1, сверлильно-пазовальный СвПА-2 и шлифовальный ШлПС-7. Предлагаемая расстановка оборудования в цехе приведена на рис. 38, 39 [20].

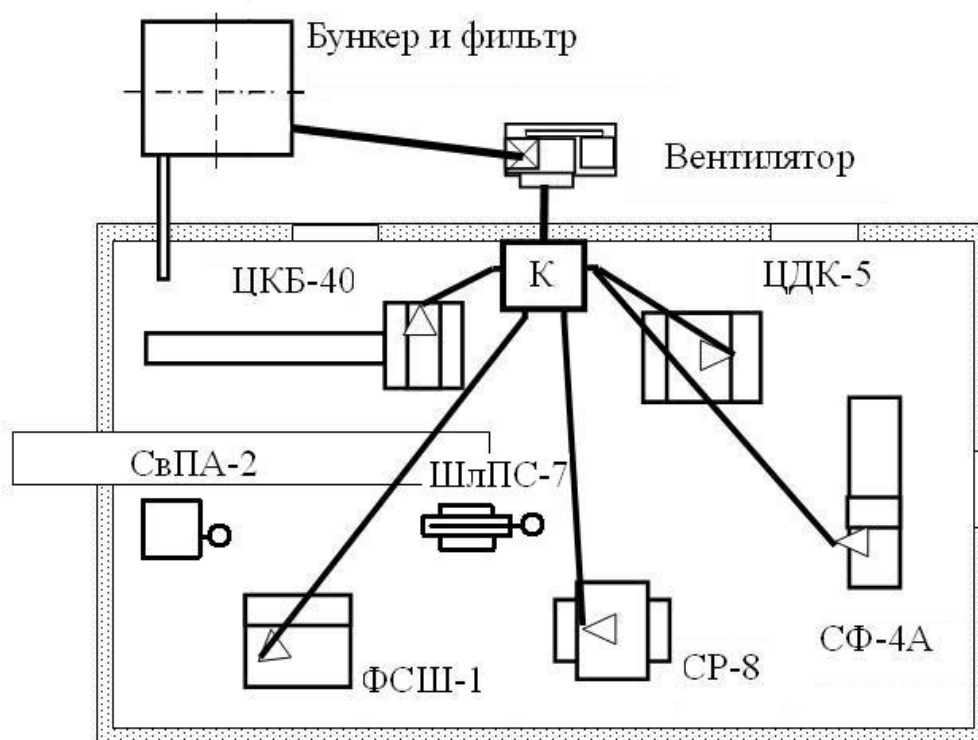


Рис. 38. План деревообрабатывающего цеха

*Требуется выполнить* проект цеха с кустовой рециркуляционной аспирационной системой с рукавными фильтрами.

Структура аспирационной системы известна. Ее элементы показаны на рис. 38, 39.

Для удаления пыли и стружек, а также создания нормативных условий труда станки цеха соединены воздуховодами ответвлениями с коллектором 7 (К), который соединен магистральным воздуховодом через вентилятор с бункером 1. В воздуховодах пылевоздушная смесь перемещается со скоростью около 20 м/с. Попадая в бункер, в результате увеличения объема скорость стружек резко падает, и крупные древесные частицы падают на дно бункера.

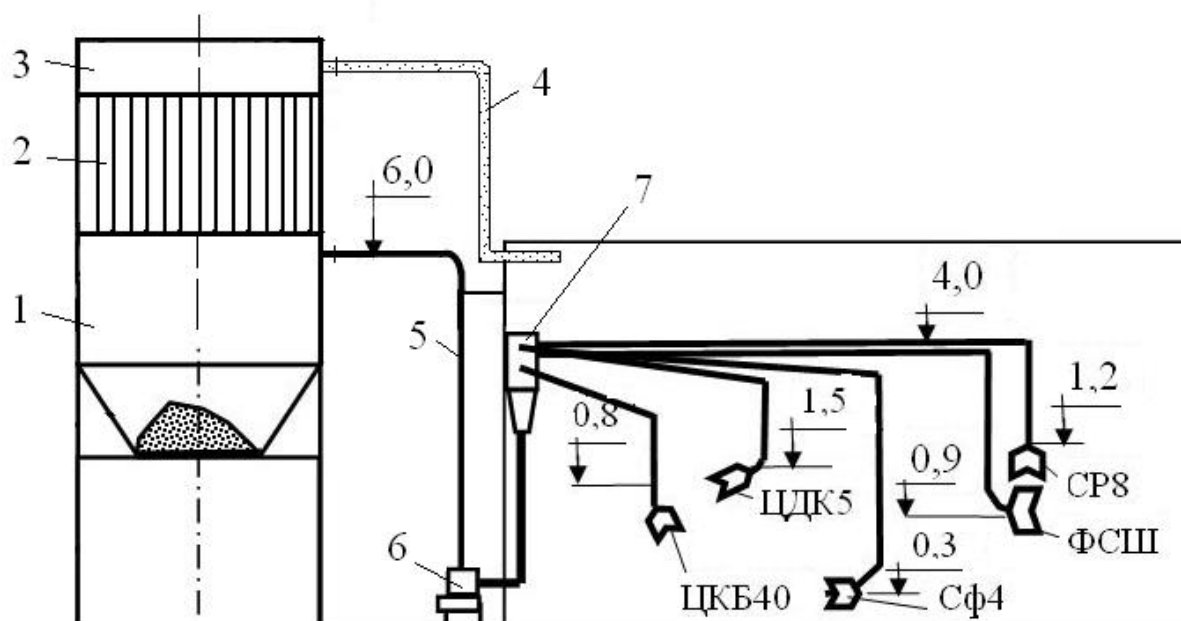


Рис. 39. Схема поперечного разреза аспирационной системы деревообрабатывающего цеха:

1 – бункер для временного хранения стружек; 2 – фильтр из тканевых рукавов; 3 – зона очищенного воздуха; 4 – воздуховод для возврата очищенного воздуха в цех; 5 – воздуховод нагнетательный; 5 – вентилятор; 7 коллектор-сборник стружек

Мелкие древесные частицы и пыль воздушным потоком переносятся в тканевые рукава 2, которые хомутами закреплены на втулках потолка бункера и подвешены на решетке потолка зоны фильтра. Воздух просачивается через стенки тканевых рукавов, а пыль оседает на внутренних стенках рукавов. Профильтрованный очищенный воздух направляется через верхнюю решетку и попадает в зону 3, откуда по воздуховоду 4 возвращается обратно в цех.

Древесная стружка и пыль, накопившиеся в бункере, периодически вывозятся автомобильным транспортом.

В цехе имеется станок СвПА-2, на котором при работе образуется небольшой объем стружек, для удаления которых расход воздуха должен быть равным  $150 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Такие станки к коллектору обычно не подключают. Станок подключен к стружкоотсосу, например, УВП-1200.

Шлифовальный станок тоже подсоединен к отдельному стружкоотсосу.

При анализе работы такой аспирационной системы обнаруживаются следующие недостатки.

1. Очищенный в рукавном фильтре воздух, возвращаемый в цех по воздуховоду 4, в цехе свободно устремляется к станкам, от которых отсасывается воздух. Неуправляемое движение воздуха создает в цехе сквозняки, что может вызвать простудные заболевания рабочих.

2. Станки цеха с небольшим объемом стружек подключаются не к централизованной аспирационной системе, а к автономной системе с помощью стружкоотсосов. Стружкоотсосы занимают значительную часть производственной площади, соизмеримую с площадью, занимаемой станком, и удорожают проект.

3. Пылевоздушная смесь, попадающая в тканевые рукава, вызывает их износ: древесные частицы прокалывают и истирают ткань, срезают и истирают ворс ткани. Через образовавшиеся отверстия пыль попадает в зону очищенного воздуха и повышает запыленность воздуха в цехе.

Изношенные тканевые рукава, подлежащие замене, обнаруживаются визуально в процессе работы фильтра, когда рукава заметно фонтанируют пылью (в фильтре устанавливают 50...200 рукавов). Такой способ контроля рукавов понижает степень фильтрации пылевоздушной смеси, так как при визуальном контроле можно обнаружить только сильные фонтаны пыли, а слабо пылящие рукава считаются вполне работоспособными, хотя в общей массе очищенного воздуха они пропускают много пыли.

4. Рукава в фильтре смонтированы поштучно, и к ним трудно добраться для ремонта и замены. Чтобы добраться до центрального рукава, надо снять несколько рукавов, препятствующих проходу.

**Решение задачи.** При решении сложную задачу надо разбить на простые задачи так, чтобы в каждой простой задаче решался один недостаток.

*Задача 1.* Основной недостаток – в цехе образуются сквозняки, из-за неорганизованного потока воздуха в цехе от воздуховода 4 до станков, от которых отсасывается воздух.

По методике Н.П. Колчева предложим очевидный способ устранения недостатка: воздуховод 4 соединить трубами с каждым станком, от которого отсасывается воздух.

Недостаток новой системы: множество дополнительных воздухопроводов значительной длины, проходящих по цеху, усложняет конструкцию системы.

Технические противоречия:

– ТП-1: если воздуховод 4 не соединять трубами со станками, то аспирационная система проста по конструкции, но в цехе образуются сквозняки;

– ТП-2: если воздуховод 4 соединить трубами со станками, то конструкция аспирационной системы усложняется, загромождается трубами, но в цехе сквозняков нет.

*Решение.*

Цех с аспирационной системой, в котором установлены станки, коллектор и воздуховоды, около цеха расположены вентилятор и бункер с рукавным фильтром, отличающийся тем, что в верхней части корпуса цеха установлен дополнительный потолок, который имеет отверстия расположенные соответственно установленным станкам.

Решение можно выполнить следующими вариантами:

– вариант 1 (рис. 40);

– вариант 2: на рис 40 отверстия 16 соединены трубопроводами со станками.

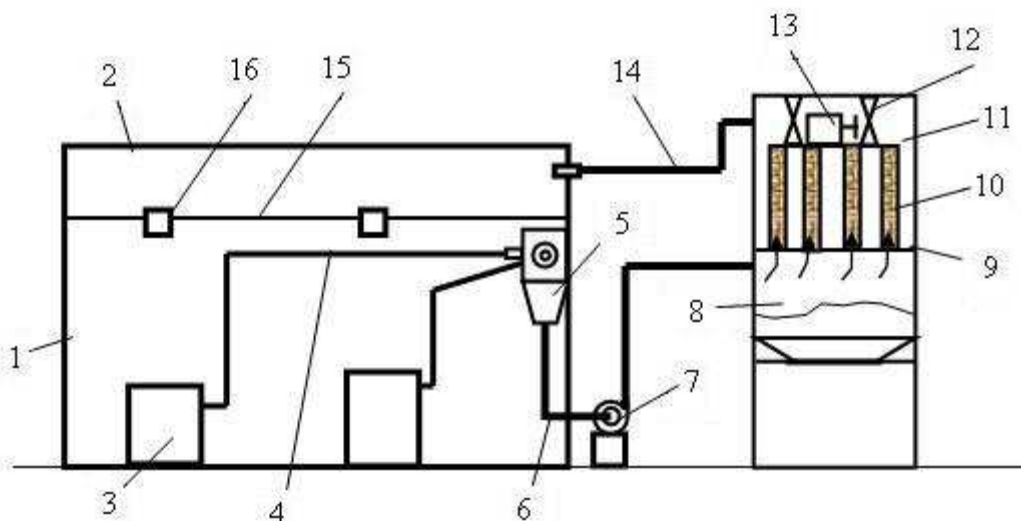


Рис. 40. Аспирационная система цеха с организованным потоком очищенного воздуха:

- 1 – стены цеха; 2 – потолок цеха; 3 – станки; 4 – ответвления воздуховодов; 5 – коллектор; 6 – магистральный воздуховод; 7 – вентилятор; 8 – бункер для временного хранения стружек; 9 – рукавный фильтр; 10 – тканевые рукава; 11 – зона очищенного воздуха; 12 – подвески; 13 – вибратор для встряхивания рукавов; 14 – воздуховод для возврата очищенного воздуха; 15 – дополнительный потолок; 16 – отверстия для выхода воздуха к станкам

*Задача 2.* Основной недостаток: стружкоотсосы занимают значительную часть производственной площади.

Очевидный способ устранения недостатка: стружкоотсос убрать с пола.

При решении можно получить два варианта:

- вариант 1: стружкоотсос подвесить к потолку;
- стружкоотсос смонтировать на станине станка, например, шлифовального (рис. 41).

Шлифовальный станок работает следующим образом. При шлифовании детали на станке образуется шлифовальная пыль. Пылевоздушная смесь отсасывается вентилятором из приемников стружки и по воздуховодам направляется в верхний короб, а из него попадает в тканевые рукава. Происходит фильтрация пылевоздушной смеси. Пыль оседает на внутренних стенках рукавов, а очищенный воздух

проникает через ткань рукавов и попадает в рабочую зону станка. Через 1...2 часа работы рукава вручную встряхивают, слои древесной пыли отваливаются от стенок рукавов и падают в лоток. При максимальной производительности станка пыли образуется до 6,6 кг/ч, поэтому после встряхивания рукавов пыль, накопившуюся в лотке 14, высыпают в контейнер для отходов цеха.

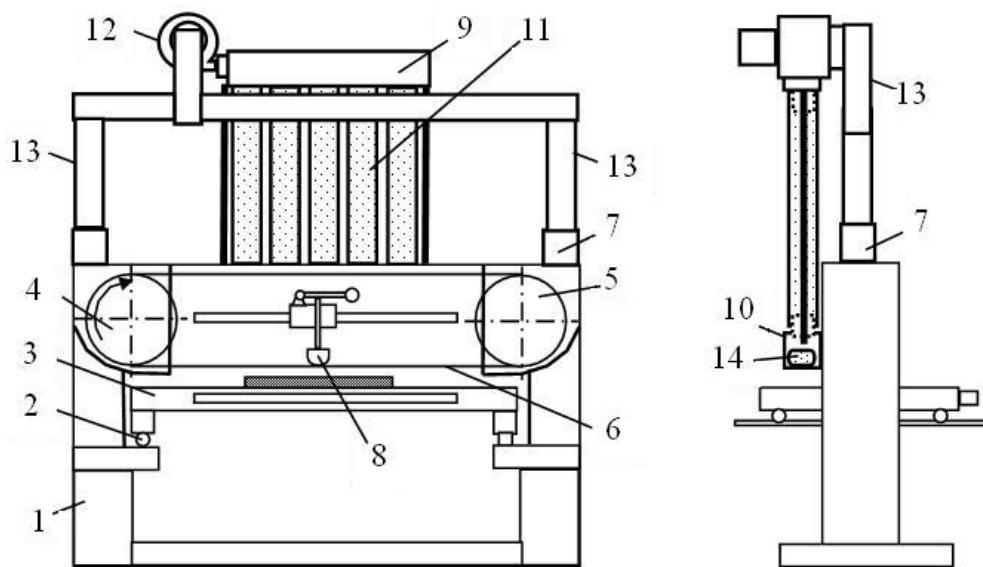


Рис. 41. Шлифовальный станок со стружкоотсосом на станине:  
 1 – станина; 2 – направляющие; 3 – тележка подвижная; 4, 5 – барабаны;  
 6 – шлифовальная замкнутая лента; 7 – приемники шлифовальной пыли;  
 8 – утюжок; 9, 10 – верхний и нижний коробы фильтра; 11 – тканевые  
 рукава; 12 – вентилятор; 13 – воздуховоды; 14 – лоток для пыли

*Задача 3.* Основной недостаток: износ рукавов контролируется визуально, когда обнаруживается фонтанирование пыли, в результате чего ПДК пыли в цехе превышает допустимую норму  $6 \text{ мг/м}^3$ .

Очевидный способ устранения недостатка – создать стенд для испытания изношенности тканевых рукавов, который позволит повысить точность определения степени пыления рукавов.

*Решение.* Стенд для испытания блоков рукавного фильтра, отличающийся тем, что он содержит герметичную емкость с возможностью помещения в нее блока фильтра, с выпускным клапаном и воздуховодом, соединенным с манометром, а также ресивер с маномет-

ром, клапаном и секундомером с возможностью последовательного соединения его с каждым рукавом блока фильтра (рис. 42).

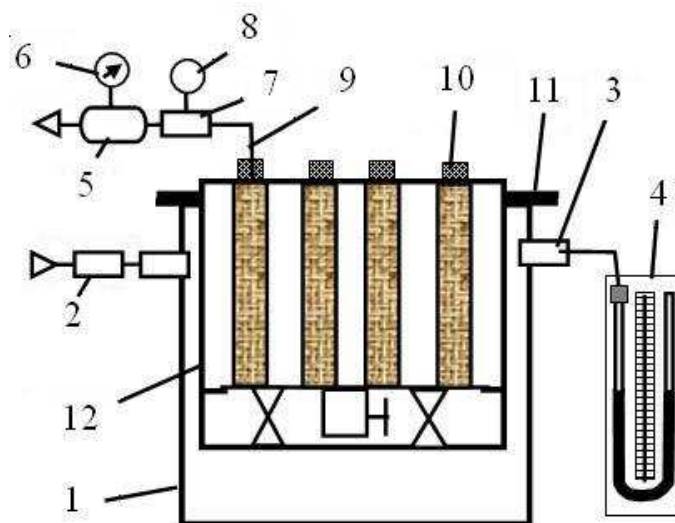


Рис. 42. Стенд для испытания тканевых рукавов фильтра:  
 1 – емкость; 2 – выпускной клапан; 3 – воздуховод; 4 – манометр;  
 5 – ресивер для сжатого воздуха; 6 – манометр; 7 – электромагнитный  
 клапан; 8 – электросекундомер; 9 – шланг; 10 – резиновые пробки;  
 11 – уплотнение; 12 – блок рукавов

Стенд работает следующим образом. Блока рукавов, подлежащий испытанию, переворачивается вверх основанием и опускается в емкость на прокладки, обеспечивающие герметизацию емкости. Клапан 2 закрывают, все входы в рукава закрывают пробками 10. В рукав №1 вставляют конец гибкого шланга 9. В ресивере 5 накапливают сжатый воздух с заданным давлением. Открывают электромагнитный клапан 7, одновременно включается электросекундомер 8. Сжатый воздух поступает в рукав № 1. Через стенки рукава воздух попадает в емкость 1 стенда, давление воздуха в ней возрастает. Через заданный промежуток времени электросекундомер закрывает электромагнитный клапан 7. В этот момент измеряют давление воздуха в емкости 1 манометром 4.

Если рукав сильно изношен, и его сопротивление небольшое, то к моменту измерения давление в емкости будет большое. Если рукав новый, не имеет дефектов, и его сопротивление большое, то к моменту измерения давление в емкости будет небольшим. Опытным путем следует установить предельное значение измеряемого давления. Если

измеряемое давление в емкости ниже предельного, то испытуемый рукав следует считать работоспособным. Если измеряемое давление в емкости выше предельного, то испытуемый рукав следует считать изношенным, и его следует заменить новым.

*Задача 4.* Основной недостаток: рукава в фильтре смонтированы поштучно, и к ним трудно добраться для ремонта и замены.

Очевидный способ устранения недостатка – рукава монтировать в фильтре блоками, например по 10 штук в блоке.

**Синтез вариантов проектных решений.** С учетом вариантов, полученных при решении простых задач создадим варианты аспирационной системы деревообрабатывающего цеха.

Вариант 1 . Аспирационная система показана на рис. 38, 39, при этом рукава фильтра смонтированы блоками по 10 штук в блоке.

Вариант 2 . Аспирационная система по рис. 38, 39 дополнительно включает навесной потолок с отверстиями для подачи воздуха к станкам (рис. 40), а стружкоотсосы подвешены к потолку.

Вариант 3 . Аспирационная система по варианту 2, но стружкоотсосы смонтированы на станине станков, например по рис. 41.

### **3.6. Выбор рационального варианта аспирационной системы цеха**

**Подбор критериев.** Выбор лучшего варианта привода сделаем по методу их ранжирования [3].

Сравнительную оценку вариантов сделаем с помощью критериев развития. *Критерии развития – это те параметры технической системы, которые на протяжении длительного времени монотонно изменяются, приближаясь к своему пределу, и выступают мерой совершенства и прогрессивности.*

Для оценки выбираем следующие критерии:

$K_1$  – повышение экологичности системы;

$K_2$  – улучшение условий безопасности работы;

$K_3$  – повышение эффективного использования производственной площади;



$K_4$  – повышение компактности системы.

Для ранжирования варианты и критерии занесем в табл. 3.

*Ранжирование – это процедура упорядочения вариантов по принципу предпочтения их по отношению к конкретному критерию. Самый предпочтительный ранг 1, менее предпочтительны ранги 2, 3 и т.д. В табл. 3 возьмем критерий  $K_1$  и по отношению к нему расставим ранги вариантам. Так же поступим по отношению к критериям  $K_2$ ,  $K_3$  и  $K_4$ .*

Таблица 3

Ранжирование вариантов по критериям

Варианты	Критерии			
	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$
№1	3	3	3	3
№2	2,5	2,5	2,5	2
№3	2,5	2,5	2,5	1

По отношению к  $K_4$  считаем, что самым предпочтительным вариантом будет вариант №3, на втором месте будет №2 и на последнем месте будет №1.

Сравнение вариантов проведем попарно по принципу Парето. *Согласно принципу Парето одно решение предпочтительнее другого, если все значения рангов первого решения не хуже значений соответствующих рангов второго решения и, по крайней мере, для одного критерия имеет место строгое предпочтение.*

Сравниваем варианты №1 и №2. Отмечаем, что все значения рангов варианта №2 лучше. Далее вариант решения №2 исключаем из списка как плохой вариант.

Сравниваем варианты №2 и №3. Отмечаем, что значения рангов по критериям 1...3 у вариантов одинаковые, а по критерию  $K_4$  у варианта №3 значение ранга предпочтительнее. Следовательно, вариант №3 предпочтительнее остальных. Выбор рационального варианта

проектного решения сделан. Он наилучшим образом отвечает требованиям всех критериев.

## 4. Стадии проектирования

Разработка конструкторской документации выполняется в строгом порядке, установленном ГОСТ 2.103-68. Исходным материалом для работы над проектом служит техническое задание.

**Техническое задание.** Техническое задание выполняется в соответствии с требованиями ГОСТ [21].

Техническое задание должно содержать следующие разделы:

- наименование и область применения объекта;
- основание для разработки;
- назначение разработки;
- технические требования к разрабатываемому изделию;
- технико-экономические показатели;
- стадии и этапы разработки;
- порядок контроля и приёмки;
- приложения.

В зависимости от особенностей программы или программного изделия допускается уточнять содержание разделов, вводить новые разделы или объединять отдельные из них.

*Содержание разделов.* В разделе «Наименование и область применения объекта» указывают наименование, краткую характеристику области применения объекта.

В разделе «Основание для разработки» должны быть указаны: документ (документы), на основании которых ведется разработка; организация, утвердившая этот документ, и дата его утверждения; наименование и условное обозначение темы разработки.

В разделе «Назначение разработки» должно быть указано функциональное и эксплуатационное назначение разрабатываемого изделия.

Раздел «Технические требования к разрабатываемому изделию» должен содержать следующие подразделы:

- требования к функциональным характеристикам (указывается состав функций);
- требования к надёжности;
- условия эксплуатации и изготовления (указывается температура и влажность воздуха, производительность, точность, шероховатость и характеристика обслуживающего персонала);
- требования к маркировке и упаковке;
- требования к транспортированию и хранению;
- специальные требования.

В разделе «Технико-экономические показатели» указываются: ориентировочная экономическая эффективность, предполагаемая годовая потребность, экономические преимущества разработки по сравнению с лучшими отечественными и зарубежными образцами или аналогами.

В разделе «Стадии и этапы разработки» устанавливают необходимые стадии разработки, этапы и содержание работ, сроки разработки и определяют исполнителей.

В разделе «Порядок контроля и приёмки» указываются виды испытаний и общие требования к приёмке работы.

В приложениях к техническому заданию, при необходимости, приводят:

- перечень научно-исследовательских и других работ, обосновывающих разработку;
- чертежи деталей и заготовок, схемы, таблицы, описания, обоснования, расчёты и другие документы, которые могут быть использованы при разработке;
- другие источники разработки.

**Техническое предложение** выполняется с целью выявления и анализа возможных путей решения задачи. В соответствии с ГОСТ 2.118-73 техническое предложение содержит техническое и технико-экономическое обоснование целесообразности разработки документации. В нем проводится анализ отечественной и зарубежной информации по аналогичным конструкциям, выбираются прототипы и на их

базе разрабатываются новые варианты решений. Из подобранных вариантов выбирается наилучший, который и подлежит дальнейшей разработке. Практически все, что изложено в данной книге, по структуре предложенной ГОСТ, должно быть изложено в техническом предложении. На этом этап проектирования заканчивается и начинается новый этап – этап конструирования технического объекта.

После утверждения технического предложения конструкторский проект разрабатывается последовательно в трех стадиях: эскизный проект, технический проект и рабочий проект. На практике этот порядок выполняется не всегда. Для несложных конструкций и высокой квалификации конструктора проект машины выполняется в двухстадийном порядке (технический и рабочий проект) или одностадийном (рабочий проект).

**Эскизный проект** (ГОСТ 2.119-73) разрабатывается после утверждения технического предложения. Он позволяет убедиться в возможности технического осуществления главных положений технического предложения. Для этого в нем разрабатываются технологические, кинематические, гидравлические и другие схемы, чертеж общего вида, пояснительная записка, которая включает техническую характеристику, описание конструкции, расчеты технико-экономических показателей и основные технические расчеты.

На основании эскизного проекта разрабатывается технический или рабочий проект.

**Технический проект** (ГОСТ 2.120-73) – это завершающая стадия проектных технических вопросов эскизного проекта. Он дает полное представление о конструкции основных узлов, их взаимодействии и уровне основных квалиметрических показателей.

По методологии этот этап близок к эскизному и выполняется тогда, когда в эскизном проекте не разрабатываются исходные данные на проведение рабочего проекта.

В техническом проекте разрабатываются чертеж общего вида, чертежи всех сборочных единиц, схемы, составляется ведомость покупных изделий. Пояснительная записка включает описание назначения и области применения изделия, обоснование и описание конст-

руктивных решений, техники безопасности и производственной санитарии, расчет масштаба производства, эффективности внедрения, кинематические и прочностные расчеты.

На основании технического проекта разрабатывается рабочая конструкторская документация.

Рабочая документация содержит совокупность конструкторских документов, необходимых для изготовления и испытания опытного образца, производства изделий установившегося серийного и массового производства. Состав рабочей документации установлен ГОСТ 2.102-68.

При переходе от одной стадии проектирования к последующей проект постепенно насыщается подробностями.

## **Заключение**

Разработка любого технического объекта как технической системы опирается на потребность. Создание объекта выполняется в два этапа: проектирования и конструирования. Предлагаемая читателю книга посвящена характеристике этапа проектирования.

Все проектируемые объекты рассматриваются системно. При этом все части системы связаны друг с другом и опираются на потребность. Развиваются объекты эволюционно, постепенно преодолевая технические противоречия. Любое новое знание об объекте опирается на старое знание. Для получения нового знания исключительную роль играет информация. Чтобы облегчить доступ к научно-технической информации на стадии ее поиска и обработки используют трудосберегающие технологии. Подобранная и обработанная информация должна использоваться многократно различными специалистами. Информация систематизируется и представляется в виде структурных матриц, обобщенных графов и фактографических графиков. Основное требование к информации – меньше текста и больше матриц, графов и графиков.

При проектировании, опираясь на потребность и подобранную информацию, разрабатываются различные варианты решения заданной задачи. Для этого широко используются методы научно-технического творчества. В книге приведено много примеров решения технических задач.

После того, как варианты подготовлены, подбираются критерии для оценки вариантов. После выбора рационального варианта, наиболее полно удовлетворяющего требованиям всех (4...10) критериев, составляется техническое задание, а затем техническое предложение по разработке объекта техники. На этом раздел проектирования заканчивается и начинается раздел конструирования.

Изучая материал книги, читатель приобретет навыки и умения по проектированию объектов техники.

## Приложения

### Приложение А

## Межотраслевой фонд эвристических приемов преобразования объекта

### 1. Преобразование формы

1.1. Использовать круговую, спиральную, древовидную, сферическую или другие компактные формы.

1.2. Сделать в объекте (элементе) отверстия или полости. Инверсия приема.

1.3. Проверить соответствие формы объекта законам симметрии. Перейти от симметричной формы структуры к асимметричной. Инверсия приема.

1.4. Перейти от прямолинейных частей, плоских поверхностей, кубических и многогранных форм (особенно в местах сопряжений) к криволинейным, сферическим и обтекаемым формам. Инверсия приема.

1.5. Объекту (элементу), работающему под нагрузкой, придать выпуклую (более выпуклую) форму.

1.6. Компенсировать нежелательную форму сложением с обратной по очертанию формой.

1.7. Выполнить объект в форме:

– другого технического объекта, имеющего аналогичное название или назначение;

– животного, растения или их органа;

– человека или его органов.

1.8. Сделать объект (элемент) приспособленным к форме человека или его органов.

1.9. Использовать в аналогичных условиях работы природные принципы формирования в живой или неживой природе.

1.10. Сделать рациональный (оптимальный) раскрой листового или объемного материала; внести изменения в форму деталей для более полного использования материала.

1.11. Выбрать конструкцию деталей, в наибольшей мере приближающуюся к форме и размерам выпускаемого проката и других профильных заготовок.

1.12. Найти глобально-оптимальную форму объекта.

1.13. Найти наибольшую цельную форму объекта (зрительное выделение главного функционального элемента, устранение или прикрытие многих ненужных деталей и т.д.).

1.14. Использовать различные виды симметрии и асимметрии, динамические и статические свойства формы, ритма (чередования одинаковых или схожих элементов), нюансов и контраста.

1.15. Осуществить гармоническую увязку форм различных элементов (выбор масштабов и соотношений между объектами и окружающей предметной средой, использование эстетически предпочтительных пропорций).

1.16. Выбрать (придумать) наиболее красивую форму объекта и его элементов.

## 2. Преобразование структуры

2.1. Исключить наиболее напряженный (нагруженный) элемент.

2.2. Исключить элемент при сохранении объектом всех прежних функций. Один элемент выполняет несколько функций, благодаря чему отпадает необходимость в других элементах. Убрать «лишние детали» даже при потере «одного процента эффекта».

2.3. Присоединить к объекту новый элемент в виде жестко или шарнирно соединенной пластины (стержня, оболочки или трубы), находящейся в рабочей среде или в контакте с ней.

2.4. Присоединить к базовому объекту дополнительное специализированное орудие труда, инструмент и т.п.

2.5. Заменить связи (способ или средства соединения) между элементами; жесткую связь сделать гибкой и наоборот.



2.6. Заменить источник энергии, тип привода, цвет и т.д.

2.7. Заменить механическую схему электрической, тепловой, оптической или электронной.

2.8. Существенно изменить компоновку элементов; уменьшить компоновочные затраты.

2.9. Сосредоточить органы управления и контроля в одном месте.

2.10. Объединить элементы единым корпусом, станиной или изготовить объект цельным.

2.11. Ввести единый привод, единую систему управления или электроснабжения.

2.12. Соединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты.

2.13. Объединить в одно целое объекты, имеющие самостоятельное назначение, которое сохраняется после объединения в новом комплексе.

2.14. Использовать принцип агрегатирования. Создать базовую конструкцию (единую раму, станину), на которую можно «навесить» различные ( в различных комбинациях) рабочие органы, агрегаты, инструменты.

2.15. Совместить или объединить явно или традиционно несовместимые объекты, устранив возникающие противоречия.

2.16. Выбрать материал, обеспечивающий минимальную трудоемкость изготовления деталей и обработки заготовок.

2.17. Использовать раздвижные, складные, сборные, надувные и другие конструкции, обеспечивающие значительное уменьшение габаритных размеров при переводе технического объекта из рабочего состояния в нерабочее.

2.18. Найти глобально-оптимальную структуру.

2.19. Выбрать (придумать) наиболее красивую структуру.

### 3. Преобразования в пространстве

3.1. Изменить традиционную ориентацию объекта в пространстве:

- горизонтальное положение на вертикальное или наклонное;
- положить набок;
- повернуть низом вверх;
- повернуть путем вращения.

3.2. Использовать пустое пространство между элементами объекта. Один элемент проходит сквозь полость в другом элементе.

3.3. Объединить известные порознь объекты (элементы) с размещением одного внутри другого по принципу «матрешки».

3.4. Размещение по одной линии заменить размещением по нескольким линиям или по плоскости. Инверсия приема.

3.5. Заменить размещение по плоскости размещением по нескольким плоскостям или в трехмерном пространстве; перейти от одноэтажной (однослойной) компоновки к многоэтажной (многослойной). Инверсия приема.

3.6. Изменить направление действия рабочей силы или среды.

3.7. Перейти от контакта в точке к контакту по линии; от контакта по линии к контакту по поверхности; от контакта по поверхности к объемному (пространственному). Инверсия приема.

3.8. Осуществить сопряжение по нескольким поверхностям.

3.9. Приблизить рабочие органы объекта к месту выполнения ими своих функций без передвижения самого объекта.

3.10. Заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие с наиболее удобного места и без затрат времени на их доставку.

3.11. Перейти от последовательного соединения элементов к параллельному или смешанному. Инверсия приема.

3.12. Разделить объект на части так, чтобы приблизить каждую из них к тому месту, где она работает.

3.13. Разделить объект на две части - «объемную» и «необъемную»; вынести объемную часть за пределы, ограничивающие объем.

3.14. Вывести элементы, подверженные действию вредных факторов, за пределы их действия.

3.15. Перенести (поместить) объект или его элемент в другую среду, исключаящую действие вредных факторов.

3.16. Выйти за традиционные пространственные ограничения или габаритные размеры.

## **4. Преобразования по времени**

4.1. Перенести выполнение действия на другое время. Выполнить требуемое действие до начала или после окончания работы.

4.2. Перейти от непрерывной подачи энергии (вещества) или непрерывного действия (процесса) к периодическому или импульсному. Инверсия приема.

4.3. Перейти от стационарного во времени режима к изменяющемуся.

4.4. Исключить бесполезные («вредные») интервалы времени. Использовать паузу между импульсами (периодическими действиями) для осуществления другого действия.

4.5. По принципу непрерывного полезного действия осуществлять работу объекта непрерывно, без холостых ходов. Все элементы объекта должны все время работать с полной нагрузкой.

4.6. Изменить последовательность выполнения операций.

4.7. Перейти от последовательного исполнения операций к параллельному (одновременному). Инверсия приема.

4.8. Совместить технологические процессы или операции. Объединить однородные или смежные операции. Инверсия приема.

## **5. Преобразование движения и силы**

5.1. Изменить направление вращения.

5.2. Заменить поступательное (прямолинейное) или возвратно-поступательное движение вращательным. Инверсия приема.

5.3. Устранить или сократить холостые, обратные и промежуточные ходы и движения.

5.4. Существенно изменить направление движения, в том числе на противоположное.

5.5. Заменить традиционно сложную траекторию движения прямой или окружностью. Инверсия приема.

5.6. Заменить изгиб растяжением или сжатием. Заменить сжатие растяжением.

5.7. Разделить объект на две части - «тяжелую» и «легкую», передвигать только «легкую» часть.

5.8. Изменить условия работы так, чтобы не приходилось поднимать или опускать обрабатываемый объект.

5.9. Заменить трение скольжения трением качения. Инверсия приема.

5.10. Перейти от неподвижного физического поля к движущемуся. Инверсия приема.

5.11. Разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга. Сделать движущиеся элементы неподвижными, а неподвижные движущимися.

5.12. Изменить условия работы так, чтобы опасные или «вредные» моменты осуществлялись на большой скорости. Инверсия приема.

5.13. Использовать магнитные силы.

5.14. Компенсировать действие массы объекта соединением его с объектом, обладающим подъемной силой.

## **6. Преобразование материала и вещества**

6.1. Рассматриваемый элемент и взаимодействующие с ним элементы сделать из одного и того же материала или близкого ему по свойствам. Инверсия приема.

6.2. Выполнить элемент или его поверхность из пористого материала. Заполнить поры каким-либо веществом.

6.3. Разделить объект (элемент) на части так, чтобы каждая из них могла быть изготовлена из наиболее подходящего материала.

6.4. Убрать лишний материал, не несущий функциональной нагрузки.

6.5. Изменить поверхностные свойства объекта (элемента); упрочить поверхность объекта; нейтрализовать свойства материала на поверхности объекта.

6.6. Заменить жесткую часть элементами из материала, допускающего изменение формы при эксплуатации, вместо жестких объемных конструкций использовать гибкие оболочки и пленки. Инверсия приема.

6.7. Изменить физические свойства материала, например изменить агрегатное состояние.

6.8. Заменить некоторые объекты среды на объекты с другими физико-механическими и химическими свойствами.

6.9. Использовать другой материал (более дешевый, новейший и т.д.).

6.10. Использовать детали из материала с последующим отверждением.

6.11. Отделить вредные или нежелательные примеси от вещества.

6.12. Заменить традиционную окружающую среду. Рассмотреть возможность использования вакуума, инертной, водной, космической или какой-либо другой среды.

6.13. Заменить объекты их оптическими копиями (изображениями); использовать изменение масштаба изображения. Перейти от видимых оптических копий к инфракрасным, ультрафиолетовым и другим изображениям.

6.14. Дорогостоящий долговечный элемент заменить дешевым, недолговечным.

6.15. Заменить разнородные по материалу и форме элементы одним унифицированным или стандартным элементом.

6.16. Выполнить элементы из материалов с различающимися характеристиками, дающими нужный эффект (например, с разным термическим расширением).

6.17. Вместо твердых частей использовать жидкие или газообразные (надувные, гидронаполняемые, воздушные подушки, гидростатические, гидрореактивные). Инверсия приема.

6.18. Выбрать материалы, обеспечивающие снижение отходов при изготовлении деталей. Например, перейти от применения деталей, изготавливаемых обработкой резанием, к деталям из пластмассы (изготавливаемых формовкой) или металлокерамики.

6.19. Перейти к безотходным технологиям, например, получить отходы материалов в более ценном виде, позволяющем использовать их для изготовления других деталей.

6.20. Осуществить упрочнение материалов механической, термической, термохимической, электрофизической, электрохимической, лазерной и другими видами обработки.

6.21. Использовать материалы с более высокими удельными прочностными, электрическими, теплофизическими и другими характеристиками.

6.22. Использовать армированные, композиционные, пористые и другие новые перспективные материалы.

6.23. Использовать материал с изменяемыми во времени характеристиками ( жесткостью, прозрачностью и т.д.).

## **7. Приемы дифференциации**

7.1. Разделить движущийся поток (вещества, энергии, информации) на два или несколько.

7.2. Разделить сыпучий, жидкий или газообразный объект на части.

7.3. Сделать элемент съемным, легко отделяемым.

7.4. Дифференцировать привод и другие источники энергии; приблизить их к исполнительным органам и рабочим зонам.

7.5. Сделать автономным управление и привод к каждому элементу.

7.6. Провести дробление традиционного целого объекта на мелкие однородные элементы с аналогичной функцией. Инверсия приема.

7.7. Разделить объект на части. После чего изготавливать, обрабатывать, грузить и т.п. каждую часть отдельно, а затем выполнять сборку.

7.8. Разделить объект на части так, чтобы их можно было заменять при изменении режима работы.

7.9. Разделить объект на части: «горячую» и «холодную»; изолировать одну от другой.

7.10. Представить объект в виде составной конструкции; изготовить его из отдельных элементов и частей.

7.11. Придать объекту блочную структуру, при которой каждый блок выполняет самостоятельную функцию.

7.12. Выделить в объекте самый нужный элемент (нужное свойство) и усилить его или улучшить условия его работы.

## **8. Количественное изменение**

8.1. Резко изменить (в несколько раз, в десятки и сотни раз) параметры или показатель объектов (его элементов, окружающей среды).

8.2. Увеличить в объекте число одинаковых или подобных друг другу элементов (или сделать наоборот). Изменить число одновременно действующих или обрабатываемых объектов (элементов), например, рабочих машин, их рабочих органов, двигателей и т.д.

8.3. Изменить габаритные размеры, объем или длину объекта при переводе его в рабочее или нерабочее состояние.

8.4. Увеличить степень дробления объекта (или сделать наоборот).

8.5. Допустить незначительное снижение требуемого эффекта.

8.6. Использовать идею избыточного решения (если трудно получить 100% требуемого эффекта, задаться получить несколько больше).

8.7. Изменить (усилить) вредные факторы так, чтобы они перестали быть вредными.

8.8. Уменьшить число функций объекта и сделать его более специализированным, соответствующим только оставшимся функциям и требованиям.

8.9. Гиперболизировать, значительно увеличить размеры объекта и найти ему применение. Инверсия приема.

8.10. Повысить интенсивность технологических процессов с рабочей зоной в виде площадки или замкнутого объекта.

8.11. Создать местное локальное качество, осуществить локальную концентрацию сил, напряжения и т. п.

8.12. Найти глобально-оптимальные параметры технического объекта по различным критериям развития.

## **9. Использование профилактических мер**

9.1. Предусмотреть прикрытие и защиту легко повреждающихся элементов. Экранировать объект.

9.2. Ввести предохранительное устройство или блокировку.

9.3. Разделить хрупкий и часто повреждающийся объект на части.

9.4. Выполнить объект (элемент) разборным так, чтобы можно было заменить отдельные поврежденные части.

9.5. Для уменьшения простоев и повышения надежности создать легко используемый запас рабочих органов или элементов. Предусмотреть в ответственных частях объекта дублирующие элементы.

9.6. Защитить элемент от воздушной или другой агрессивной среды.

9.7. Заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям.



9.8. Заранее придать объекту изменения, противоположные недопустимым или нежелательным изменениям, возникающим в процессе работы.

9.9. Заранее выполнить требуемое изменение объекта (полностью или хотя бы частично).

9.10. Обеспечить автоматическую подачу смазочных материалов к трущимся частям.

9.11. Изолировать объект от внешней среды с помощью гибких оболочек и тонких пленок (поместить объект в оболочку, капсулу, гильзу). Инверсия приема.

9.12. Придать объекту новое свойство, например обеспечить его плавучесть, герметизацию, самовосстановление, сделать его прозрачным, электропроводным и т.д.

9.13. Сделать объект (элементы) взаимозаменяемым.

9.14. Предусмотреть компенсацию неточностей изготовления объекта.

9.15. Разделить объект на части так, чтобы при выходе из строя одного элемента объект в целом сохранял работоспособность.

9.16. Для повышения надежности заранее подготовить аварийные средства.

9.17. Обеспечить снижение или устранение вибрационных, ударных нагрузок и инерционных перегрузок.

9.18. Использовать объекты живой и неживой природы в формировании зоны эстетического воздействия.

9.19. Исключить из окружающей предметной среды объекты, вызывающие отрицательные эмоции (создание зеленой изгороди из деревьев и кустарников, маскировка, мимикрия под предметы, вызывающие положительные эмоции и т.д.).

9.20. Исключить шумы и запахи, вызывающие отрицательные эмоции, трансформировать их в более эстетические звуки и ароматы.

9.21. Создать замкнутые безотходные технологии с утилизацией и возвращением в производство загрязняющих веществ в виде сырья и материалов.

9.22. Осуществить разработку новых устройств и технологий, обеспечивающих резкое снижение загрязнения и изменения среды (например, геотехнология, приливные электростанции и т.д.).

## **10. Использование резервов**

10.1. Использовать массу объекта (элемента) или периодически возникающие усилия для получения дополнительного эффекта.

10.2. Компенсировать чрезмерный расход энергии получением какого-либо дополнительного положительного эффекта.

10.3. Исключить подбор и подгонку (регулировку и выверку) деталей и узлов при сборке объекта.

10.4. Устранить вредный фактор (например, за счет компенсации его другим вредным фактором).

10.5. Использовать или аккумулировать тормозную и другую попутно получаемую энергию.

10.6. Вместо действия, диктуемого условиями задачи, осуществить обратное действие (например, не охлаждать объект, а нагревать).

10.7. Выполнивший свое назначение или ставший ненужным элемент, отходы (энергия, вещество) использовать для других целей.

10.8. Использовать вредные факторы (в частности, вредные воздействия среды) для получения положительного эффекта.

10.9. Выбрать и обеспечить оптимальные параметры (температуру, влажность, освещение и др.).

10.10. Уточнить расчетные напряжения на элементах на основе использования более точных математических моделей и ЭВМ.

10.11. Перейти на другие физические принципы действия с более дешевыми или доступными источниками энергии или более высоким КПД.

10.12. После конструктивного улучшения какого-либо элемента определить, как должны быть изменены другие элементы, чтобы эффективность объекта в целом еще более повысилась.

## 11. Преобразования по аналогии

11.1. Применить объект, предназначенный для выполнения аналогичной функции в другой отрасли техники, пользуясь классификаторами патентов.

11.2. Использовать природный принцип повторяемости однотипных элементов (пчелиные соты, клетки, листья, кристаллы и т.п.).

11.3. Использовать в качестве прототипа искомого технического решения объект неживой или живой природы, близкие или отдаленные отрасли техники.

11.4. Применить решение, аналогичное имеющемуся:

– в ведущей отрасли техники или в древних и прошлых технических объектах;

– в неживой природе (физика, химия, биохимия и др.);

– в современных и вымерших живых организмах;

– в экономике или общественной жизни людей;

– в научно-фантастической литературе.

Ответить на вопрос, как решаются подобные задачи в указанных областях.

11.5. Использовать аналоги свойств других объектов; использовать свойства без самого объекта.

11.6. Применить принцип имитации, заключающийся в создании таких объектов, которые по форме, цвету, внешнему виду и другим необходимым свойствам аналогичны другому объекту.

11.7. Использовать эмпатию: мысленно превратить себя в объект (элемент), с помощью своих ощущений найти наиболее целесообразное решение.

11.8. Использовать в качестве прототипа детские игрушки.

11.9. Вместо недоступного, сложного, дорогостоящего или хрупкого объекта использовать его упрощенные и дешевые копии, модели, макеты.

## 12. Повышение технологичности

12.1. Упростить форму и конструкцию деталей путем сокращения числа обрабатываемых поверхностей, неплоских и некруговых поверхностей, рабочих ходов при обработке.

12.2. Выбрать формы и конструкции элементов, что позволяет обеспечить применение наиболее производительного технологического оборудования, приспособлений и инструмента.

12.3. Выбрать конструкцию деталей узлов, обеспечивающую максимальное совмещение и одновременное выполнение операций обработки и сборки.

12.4. Снизить или исключить пригоночные работы при сборке. Использовать средства компенсации неточности изготовления.

12.5. Осуществить технологическую унификацию конструкций, формы и размеров деталей.

12.6. Заменить механическую обработку способом обработки без снятия стружки.

12.7. Использовать саморегулирующиеся, восстанавливающиеся, самозатачивающиеся элементы и инструменты, сокращающие трудоемкость профилактического ухода и ремонта.

12.8. Максимально применять стандартные элементы, имеющие широкую область применения.

12.9. Использовать модульный принцип конструирования, когда из небольшого числа стандартных элементов (универсального набора) можно собрать любое изделие в заданном классе (например, универсально-сборные приспособления, универсальная схема элементов промышленной пневмоавтоматики).

12.10. Максимально использовать в проектируемом объекте освоенные в производстве узлы и детали.

12.11. Максимально использовать заготовки с размерами, близкими к размерам готовой детали. Использовать точное литье, штамповку, сварку.

12.12. Выбрать наиболее целесообразное расчленение объекта на блоки, узлы и детали.

12.13. Выбрать материал, обеспечивающий минимальную трудоемкость изготовления деталей.

## Указатель применения физических эффектов и явлений

Требуемое действие, свойство	Физическое явление, эффект, фактор, способ
1. Измерение температуры	Тепловое расширение и вызванное им изменение собственной частоты колебаний. Термоэлектрические явления. Спектр излучения. Изменение оптических, электрических, магнитных свойств веществ. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкина и Баркхаузена
2. Понижение температуры	Фазовые переходы первого рода (испарение, плавление, сублимация, переход твердого тела из одной кристаллической модификации в другую). Эффект Джоуля-Томсона (изменение температуры газа при его дросселировании, т.е. прохождении газа через узкое отверстие или пористую пробку). Эффект Ранка. Магнитокалорический эффект. Механокалорический эффект (изменение температуры в сосуде, из которого вытекает (втекает) гелий 2 через узкий капилляр). Термоэлектрические явления (явления Зеебека, Пельтье и Томсона. Явление Зеебека – возникновение термо – ЭДС в замкнутой цепи из разнородных проводников, если места их пайки держат при различной температуре. Явление Пельтье – выделение (поглощение) теплоты в спае разнородных проводников при прохождении через спай постоянного электрического тока. Явление Томсона - выделение (поглощение) теплоты при прохождении постоянного электрического тока по неравномерно нагретому проводнику)

<p>3. Повышение температуры</p>	<p>Электромагнитная индукция. Вихревые токи. Поверхностный эффект (высокочастотный ток движется только по поверхности проводника и разогревает эту поверхность в тонком слое). Диэлектрический нагрев (поляризация диполей в электрическом высокочастотном поле). Электронный нагрев. Электрические разряды. Поглощение излучения веществом. Термоэлектрические явления (см. выше)</p>
<p>4. Стабилизация температуры</p>	<p>Фазовые переходы первого рода, в том числе переход через точку Кюри (изменение парамагнетиков) магнитных свойств с изменением температуры</p>
<p>5. Индикация положения и перемещения объекта</p>	<p>Введение меток – веществ, преобразующих внешние поля (люминофоры) или создающих свои поля (ферромагнетики) и потому легко обнаруживаемых. Отражение и испускание света. Фотоэффект (фотоэлектрический эффект – процесс взаимодействия электромагнитного излучения с веществом, при котором энергия фотонов передается электронам вещества). Деформация. Рентгеновское и радиоактивное излучение. Люминисценция. Изменение электрических и магнитных полей. Электрические разряды. Эффект Доплера в оптике, акустике</p>
<p>6. Управление перемещением объектов</p>	<p>Действие магнитным полем на объект или на ферромагнетик, соединенный с объектом. Действие электрическим полем на заряженный объект. Передача давления жидкостями и газами. Механические колебания. Центробежные силы. Тепловое расширение. Световое давление</p>
<p>7. Управление движением жидкости и газа</p>	<p>Капиллярность. Осмос. Эффект Томса (снижение трения между турбулентным потоком и стенкой при введении в поток полимерной добавки). Эффект воронки (образование устойчивого водоворота при сливе ниже определенного уровня). Центробежные силы. Эффект Вайссенберга</p>

8. Управление аэрозолями (пыль, дым, туман)	Электризация. Электрические и магнитные поля. Давление света
9. Перемешивание смесей	Ультразвук. Кавитация (в жидкости под действием ультразвука непрерывно образуются и исчезают внутренние разрывы сплошности в виде пузырьков). Диффузия. Электрические поля. Магнитное поле в сочетании с ферромагнитным веществом. Электрофорез
10. Разделение смесей	Электро - и магнитосепарация. Изменение кажущейся плотности жидкости - разделителя под действием электрических и магнитных полей. Центробежные силы. Сорбция (включает адсорбцию - поверхностное поглощение вещества жидкостью и абсорбцию - объемное поглощение веществ). Диффузия. Осмос (проникновение растворителя в раствор через пористую перегородку – мембрану, непроницаемую для растворенного вещества и отделяющую раствор от чистой жидкости)
11. Стабилизация	Электрические и магнитные поля. Фиксация в жидкостях, твердеющих в электрическом и магнитном полях. Гироскопический эффект (вращение твердого тела вокруг неподвижной точки). Реактивное движение. Центробежные силы
12. Силовое воздействие. Регулирование сил. Создание больших давлений	Действие магнитным полем через ферромагнитное вещество. Фазовые переходы. Тепловое расширение. Центробежные силы. Изменение гидростатических сил путем изменения кажущейся плотности магнитной или электропроводной жидкости в магнитном поле. Применение взрывчатых веществ. Электрогидравлический эффект. Осмос
13. Изменение трения	Эффект Джонсона-Рабека (нагрев трущихся поверхностей металл-полупроводник увеличивает силу трения).

	<p>Замена трения покоя трением движения; при колебании трущихся поверхностей сила трения уменьшается. Эффект безизносности (пара сталь-бронза с глицериновой смазкой практически не изнашиваются). Аномально низкое трение (для некоторых веществ сильное облучение одной из трущихся поверхностей ускоренными частицами приводит к резкому снижению коэффициента трения). Явление Крагельского</p>
14. Разрушение объекта	<p>Электрические разряды. Электрогидравлический эффект. Резонанс (резкое возрастание амплитуды вынужденных колебаний). Ультразвук (упругие волны с частотами от <math>2 \cdot 10^4</math> до <math>10^{13}</math> Гц). Кавитация. Индуцированное излучение</p>
15. Аккумуляция механической и тепловой энергии	<p>Упругие деформации. Гироскопический эффект. Фазовые переходы. Потенциальная энергия тела в гравитационном поле</p>
16. Передача энергии: механической, тепловой, лучистой, электрической	<p>Деформации. Колебания. Эффект Александра (с ростом соотношения масс упруго соударяющихся тел коэффициент передачи энергии растет только до критического значения, определяемого свойствами и конфигурацией тел). Волновое движение, в том числе ударные волны. Излучения. Теплопроводность. Конвекция. Явление отражения света. Индуцированное излучение. Электромагнитная индукция. Сверхпроводимость</p>
17. Установление взаимодействия между подвижным (меняющимся) и непод-	<p>Использование электромагнитных полей (переход от вещественных связей к полевым)</p>



вижным объектами	
18. Измерение размеров объекта	Изменение собственной частоты колебаний. Нанесение и считывание магнитных и электрических меток
19. Изменение размеров объектов	Тепловое расширение. Деформации. Магнитоэлектрострикция (изменение формы и объема ферромагнетика при его намагничивании). Пьезоэлектрический эффект (изменение линейных размеров некоторых кристаллов под действием электрического поля)
20. Контроль состояния и свойств поверхности	Электрические разряды. Отражение света. Электронная эмиссия (вырывание электронов с поверхности тел в вакууме). Муаровый эффект. Излучения
21. Изменение поверхностных свойств	Трение. Адсорбция. Диффузия. Эффект Баушингера. Электрические разряды. Механические и акустические колебания. Ультрафиолетовое излучение
22. Контроль состояния и свойств в объеме	Введение “меток” - веществ, преобразующих внешние поля (люминоформы) или создающих свои поля (ферромагнетики), зависящие от состояния и свойств исследуемого вещества. Изменение удельного электрического сопротивления в зависимости от изменения структуры и свойств объекта. Взаимодействие со светом. Жидкости, твердеющие в магнитном поле; вязкие жидкости (масла) в смеси с ферромагнитными частицами твердеют в магнитном поле, а тонкие пленки жидкости становятся непрозрачными. Электро- и магнитооптические явления. Поляризованный свет. Рентгеновские и радиоактивные излучения. Электронный парамагнитный и ядерный магнитный резонансы. Магнитоупругий эффект. Переход через точку Кюри. Эффекты Гопкинса и

<p>23. Изменение объемных свойств объекта</p>	<p>Баркхаузена. Измерение собственной частоты колебаний объекта. Ультразвук, эффект Мессбауэра. Эффект Холла (возникновение поперечного электрического поля в металле)</p> <p>Изменение свойств жидкости (кажущейся плотности, вязкости) под действием электрических и магнитных полей. Введение ферромагнитного вещества и действие магнитным полем. Тепловое воздействие. Фазовые переходы. Ионизация под действием электрического поля. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения. Деформация. Диффузия. Электрические и магнитные поля. Эффект Баушингера. Термоэлектрические, термомагнитные и магнитооптические эффекты. Кавитация. Фотохромный эффект. Внутренний фотоэффект</p>
<p>24. Создание заданной структуры. Стабилизация структуры</p>	<p>Интерференция волн. Стояние волны. Муаровый эффект. Магнитные поля. Фазовые переходы. Механические и акустические колебания. Кавитация</p>
<p>25. Индикация электрических и магнитных полей</p>	<p>Осмос. Электризация тел. Электрические разряды. Пьезо- и сегнетоэлектрические эффекты. Электреты. Электронная эмиссия. Электрооптические явления. Эффекты Гопкина и Баркхаузена. Эффект Холла. Ядерный магнитный резонанс. Гиромагнитные и магнитооптические явления</p>
<p>26. Индикация излучения</p>	<p>Опико-акустический эффект. Тепловое расширение. Фотоэффект. Люминесценция. Фотопластический эффект.</p>

<p>27. Генерация электромагнитного излучения</p>	<p>Эффект Джозефсона (при приложении постоянной разности потенциалов <math>V</math> между двумя сверхпроводниками, разделенными тонким слоем изолятора, возникает переменная составляющая тока с частотой <math>\nu = 2V/h</math>. Явление индуцированного излучения. Туннельный эффект (явление прохождения – просачивания частиц сквозь потенциальные барьеры). Люминесценция. Эффект Ганна. Эффект Черенкова</p>
<p>28. Управление электромагнитными полями</p>	<p>Экранирование. Изменение состояния среды, например, увеличение или уменьшение ее электропроводности. Изменение формы поверхностей тел, взаимодействующих с полями</p>
<p>29. Управление потоками света</p>	<p>Преломление и отражение света. Электро- и магнитооптические явления. Фотоупругость, эффект Керра и Фарадея. Эффект Ганна. Эффект Франца-Келдыша</p>
<p>30. Инициирование и интенсификация химических превращений</p>	<p>Ультразвук. Кавитация. Ультрафиолетовое, рентгеновское, радиоактивное излучения. Электрические разряды. Ударные волны. Мицеллярный катализ</p>

## Библиографический список

1. **Александров, А.В.** Рабочая книга по систематизации информации/ А.В. Александров, Н.Н. Карпова. – М.: ВНИИПИ, 1993. – 441 с.
2. **Глебов, И.Т.** Методы поиска технических решений в учебном проектировании/ И.Т. Глебов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 1998. – 135 с.
3. **Глебов, И.Т.** Проектирование деревообрабатывающего оборудования/ И.Т. Глебов. – Екатеринбург: УГЛТУ, 2004. – 234 с.
4. **Автономов, В.Н.** Создание современной техники. Основы теории и практики / В.Н. Автономов. – М.: Машиностроение, 1991. – 304 с.
5. **Назаров, И.В.** Философия / И.В. Назаров, С.В. Аржанухин, М.С. Верб и др.. – Екатеринбург, УГЛТУ, 2001. – 347 с.
6. **Глебов, И.Т.** Научно-техническое творчество/ И.Т. Глебов, В.В. Глухих, И.В. Назаров. – Екатеринбург, УГЛТУ, 2002. – 264 с.
7. **Александров, А.В.** Методы инженерного творчества. Справочник/А.В. Александров, Н.Н. Карапова. – М.:ВНИИПИ, 1993. – 393 с.
- 8 **Глебов, И.Т.** Конструкции и эксплуатация деревообрабатывающих машин/ И.Т. Глебов. – СПб.: Издательство «Лань», 2012. – 352 с.
9. **Фонкин, В.Ф.** Лесопильные станки и линии / В.Ф. Фонкин. – М.: Издательство «Лесная промышленность», 1980. – 320 с.
10. **Афанасьев, П.С.** Конструкции деревообрабатывающих станков /П.С. Афанасьев. – М.: Госнаучтехн. издательство машиностроительной литературы, 1960. – 690 с.
11. **Кучеров, И.К.** Станки и инструменты лесопильно-деревообрабатывающего производства /И.К. Кучеров, В.К. Пашков. – М.: Издательство «Лесная промышленность», 1970. – 560 с.
12. **Таленс, Я.Ф.** Работа конструктора/ Я.Ф. Таленс. – Л.: Машиностроение, 1987. – 255 с.
13. **Дитрих Я.** Проектирование и конструирование: Системный подход/ Я. Дитрих. – М.: Мир, 1981. – 454 с.

14. **Орлов, П.И.** Основы конструирования: Справочно-методическое пособие в двух книгах. Книга 1 / П.И. Орлов – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.
15. **Зайчик, М.И.** Проектирование и расчет специальных лесных машин/ М.И. Зайчик. – М.: Лесн. пром-сть, 1976. – 208 с.
16. **Глебов, И.Т.** Методы технического творчества /И.Т. Глебов. – СПб.: Издательство «Лань», 2014. – 120 с.
17. **Глебов И.Т.** Технологическая точность деревообрабатывающих станков/ И.Т. Глебов, А.Ю. Вдовин. – Екатеринбург, УГЛТУ, 2014. – 135 с.
18. **Половинкин, А.И.** Основы инженерного творчества/ А.И. Половинкин. – М.: Машиностроение, 1988. – 120 с.
19. **Глебов, И.Т.** Изменена форма зубьев рамных пил/ И.Т. Глебов //Лесная промышленность. 1976. №6. С. 18-19.
20. **Глебов, И.Т.** Подъемно-транспортные машины отрасли. Аспирация и пневмотранспорт деревообрабатывающих предприятий. Лекции и методы решения задач/ И.Т. Глебов. Екатеринбург: УГЛТУ, 2010. – 138 с.
21. ГОСТ 19.201-78 Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.

## Оглавление

Введение .....	3
1. Техническая система .....	4
1.1. Генезис теории проектирования .....	4
1.2. Понятие технической системы .....	7
1.3. Правила, характеризующие систему .....	8
1.4. Типы технических систем .....	9
1.5. Структура технических систем .....	10
1.6. Иерархия творческих технических задач .....	13
1.7. Жизненный цикл образцов технических систем	15
1.8. Техническая среда .....	17
1.9. Эволюция технических систем .....	18
2. Порядок выполнения проектных работ .....	25
2.1. Патентно-информационные исследования .....	25
2.1.1. Изучение конкурентоспособности объекта	25
2.1.2. Научно-техническая информация .....	26
2.1.3. Патентная информация .....	27
2.1.4. Трудосберегающая технология обработки информации .....	30
2.2. Приемы проектирования .....	37
2.3. Проектирование и конструирование .....	40
2.4. Методы конструирования .....	41
2.5. Подготовка вариантов проектных решений ...	43
2.6. Факторы, учитываемые при анализе и синтезе	44
2.6.1. Общие требования к изделию .....	44
2.6.2. Выбор прогрессивного технологического процесса .....	45
2.6.3. Кратность заготовок .....	47
2.6.4. Дифференциация и концентрация операций	48
2.6.5. Выбор структурной схемы станка .....	49
2.6.6. Выбор способа базирования .....	50
3. Примеры решения творческих задач .....	51
3.1. Методы технического творчества .....	51

3.2. Потребность и противоречие .....	52
3.3. Выявление технического противоречия .....	53
3.4. Решение задач .....	54
Задача 1. Направляющие ножи лесопильной рамы	54
Задача 2. Защитное устройство круглопильного станка для продольного пиления древесины .....	57
Задача 3. Анализ работы круглопильного станка с вальцовым механизмом подачи .....	60
Задача 4. Проектирование конструкции круглопильного станка с конвейерной подачей .....	62
Задача 5. Проектирование конструкции фуговального станка .....	66
Задача 6. Устройство для нанесения клея на вертикальные поверхности .....	69
Задача 7. Лесопильная рама .....	71
Задача 8. Рамная пила .....	73
Задача 9. Устройство для нанесения клея .....	75
Задача 10. Устройство для фиксации ножек стола ...	78
3.5. Решение сложной задачи .....	80
3.6. Выбор рационального варианта аспирационной системы цеха .....	87
4. Стадии проектирования .....	89
Заключение .....	92
Приложения .....	94
Библиографический список .....	115
Оглавление .....	117

Учебное издание

Иван Тихонович Глебов

Решение творческих задач.  
Проектирование деревообрабатывающего оборудования

Учебное пособие