

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации
Кафедра № 24 - «Авиационной техники»

Разработка технологического процесса ремонта

Санкт-Петербург
2010-

Ремонт – это комплекс операций по восстановлению работоспособности изделий функциональных систем ЛА или составных частей изделий.

Ремонт – это технически возможное и экономически целесообразное восстановление технических параметров и характеристик, изменяющихся при эксплуатации и определяющих возможность использования изделия по прямому назначению (ГОСТ 2.6002-68).

Технический процесс – это часть производственного процесса, содержащая действия по изменению и последующему определению состояния предмета ремонта.

Технологический процесс изготовления или ремонта изделия представляет собой сложный комплекс воздействий на исходные материалы или ремонтируемое изделие с целью преобразования их в готовую продукцию.

Поэтому, как правило, общий технологический процесс изготовления или ремонта изделия расчленяют на ряд частных технологических процессов, представляющих собой комплекс однородных по физико-химической или функциональной сущности действий.

Задачей технологического процесса является **экономичное изготовление** машин или комплекса машин, отвечающих их служебному назначению.

Отрасль науки, занимающаяся изучением закономерностей, действующих в процессе изготовления (ремонта) машин, с целью использования этих закономерностей для обеспечения требуемого качества машин и наименьшей их себестоимости, называется ***технологией машиностроения***.

Человеку для существования необходимы материальные и культурные блага. Источниками получения благ являются предметы природы и человеческий труд.

Природа предоставляет в распоряжение человека ничтожно малое количество предметов, которые можно использовать непосредственно, без приложения труда человека. Поэтому человеку приходится почти всегда затрачивать труд, чтобы путем качественного превращения приспособлять предметы природы для удовлетворения своих потребностей.

Качественное изменение предметов природы, осуществляемое человеком, получило название технологического процесса.

Осуществляя технологический процесс, человек ставит перед собой две задачи:

- 1) Получить изделие, которое удовлетворяло бы его потребность;
- 2) Затратить на его изготовление меньше труда.

Количество затраченного труда измеряется его интенсивностью и продолжительностью. Интенсивность труда сверх нормальной вызывает переутомление человека и преждевременный износ его организма. Поэтому естественным является желание человека работать с нормальной интенсивностью труда.

Продолжительность труда с нормальной интенсивностью измеряется **затратой рабочего времени**.

Сокращение затрат рабочего времени на изготовление изделия позволяет увеличить выпуск изделий за определенный промежуток времени, то есть полнее удовлетворить потребности человека. Следовательно, **непрерывное увеличение производительности труда** является основным источником наиболее полного удовлетворения потребностей человека и повышения его жизненного уровня.

Для выполнения каждого технологического процесса человек создал, создает и использует различные средства труда, среди которых **орудиям производства** принадлежит решающая роль.

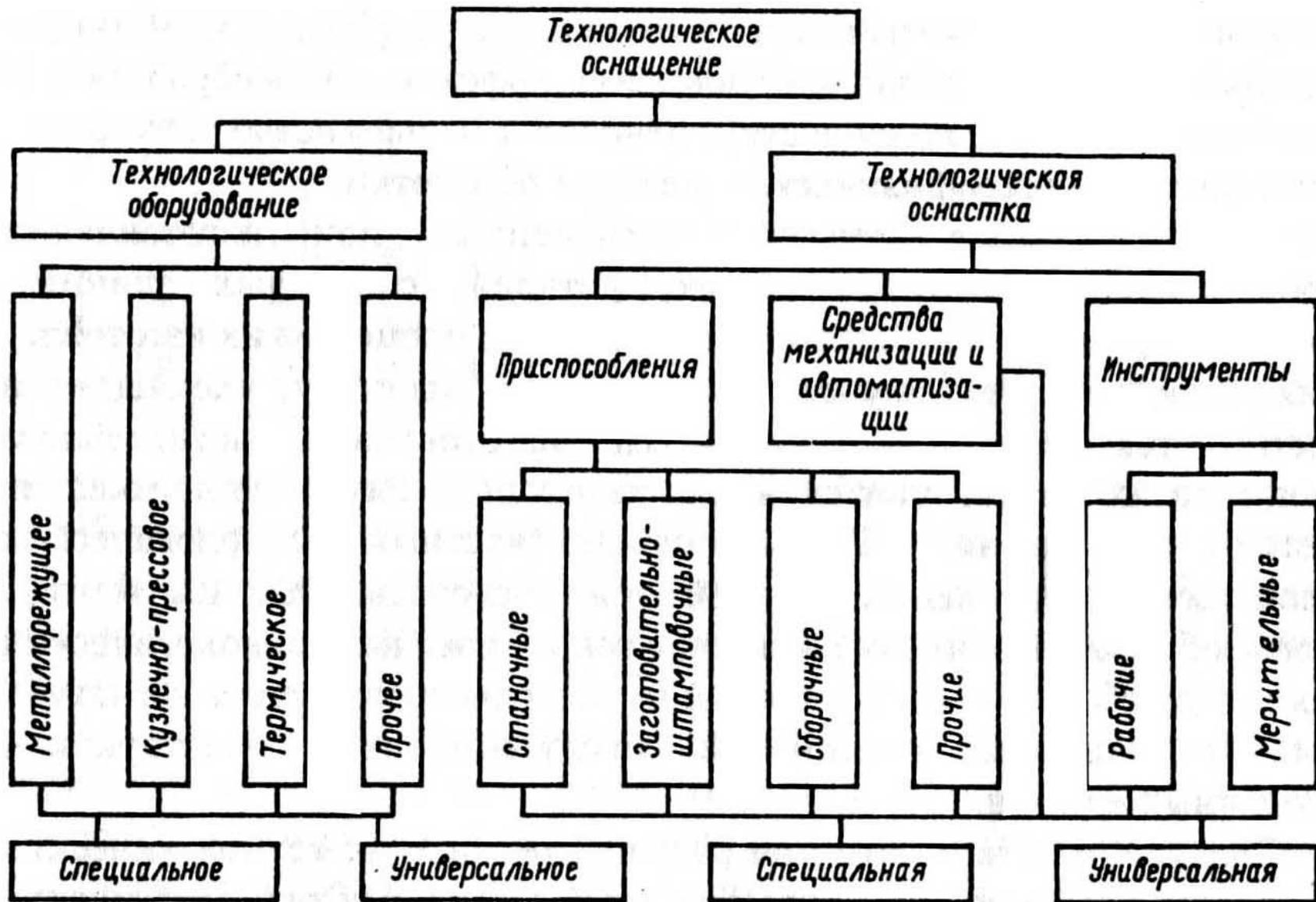


Рис. Классификация средств производства, применяемых в производстве и ремонте летательных аппаратов

История развития производства показывает, как постепенно, во все возрастающих темпах, развивались орудия производства, начиная с первобытного каменного топора до современных автоматических машин, цехов и заводов.



Рис. Первобытные скребки и топоры



Рис. Современный авиационный завод

В процессе изготовления изделия затрачиваются два **вида труда** – **живой** и **прошлый**, или **овеществленный**. В связи с непрерывным развитием и ростом орудий производства доля живого труда в единице изделия уменьшается, в то время как доля овеществленного труда возрастает. Поэтому задача повышения производительности общественного труда заключается не только в сокращении доли живого труда, но и в том, **чтобы общая сумма обоих видов труда, затрачиваемого на единицу изделия, уменьшалась**.

Одним из основных показателей роста производительности общественного труда является **себестоимость изделия**, выражающая в денежной форме затраты обоих видов труда при его изготовлении.

Для превращения предметов природы в полезное для человека изделие служит производственный процесс . Производственный процесс включает все этапы, которые проходит предмет природы на пути превращения в изделие.

Производственным процессом в машиностроении называется совокупность всех этапов, которые проходят полуфабрикаты на пути их превращения в готовую продукцию.

Производственный процесс машиностроительного завода включает в себя

- получение заготовок,
- различные виды их обработки
(механическую, термическую, химическую и др.),
- контроль качества,
- транспортирование,
- хранение на складах,
- сборку машины,
- испытание,
- регулировку,
- окраску,
- отделку и
- упаковку.

Части производственного процесса, во время которых происходит изменение качественного состояния объекта производства (материала, заготовки, детали, машины), называется **технологическим процессом**.

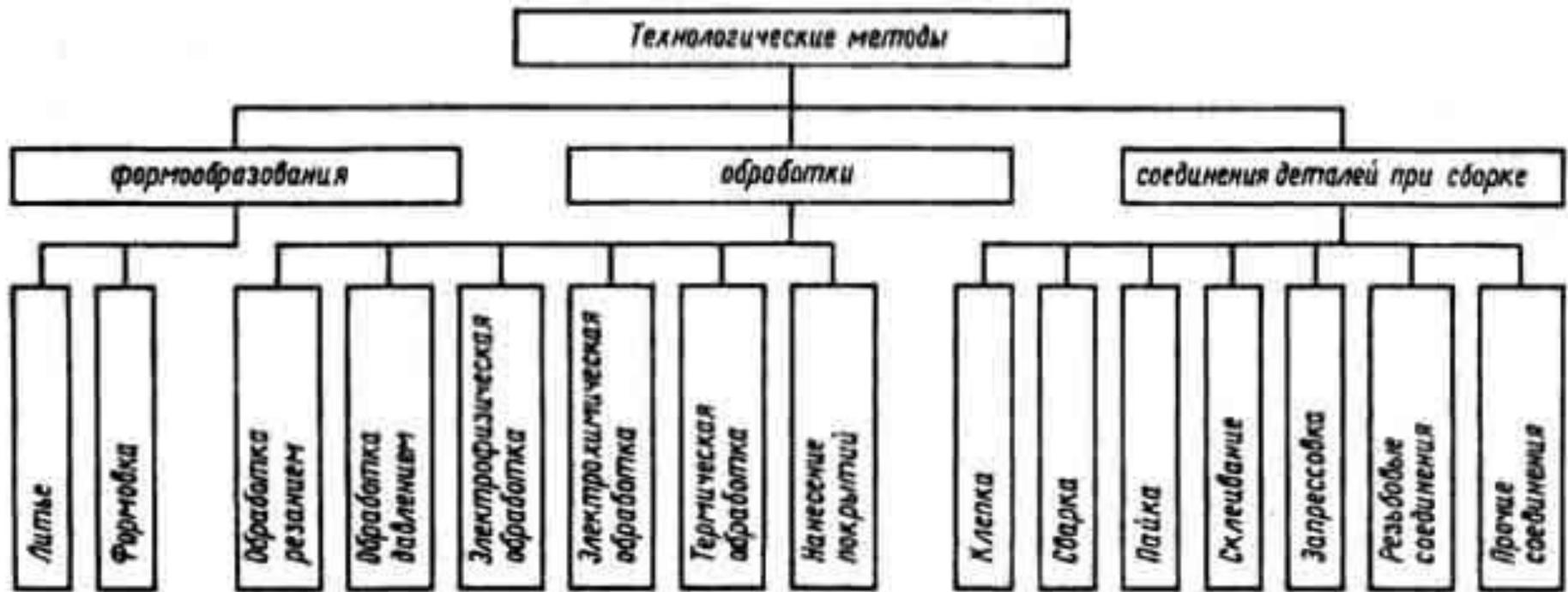


Рис. Классификация технологических методов формообразования и сборки, применяемых в производстве летательных аппаратов

В процессе ремонта машин и механизмов наиболее трудоемкими и ответственными являются **слесарно-сборочные операции.**

В зависимости от назначения слесарные работы могут подразделяться на

- **слесарно-заготовительные** (правка, разметка, резание материала, зачистка заусенцев и др.);
- **слесарно-инструментальные** (доводка поверхности, вырубка, опиловка, шабрение поверхности);
- **слесарно-сборочные** (сверление, нарезание резьбы, снятие фасок, смазывание, притирка и др.).

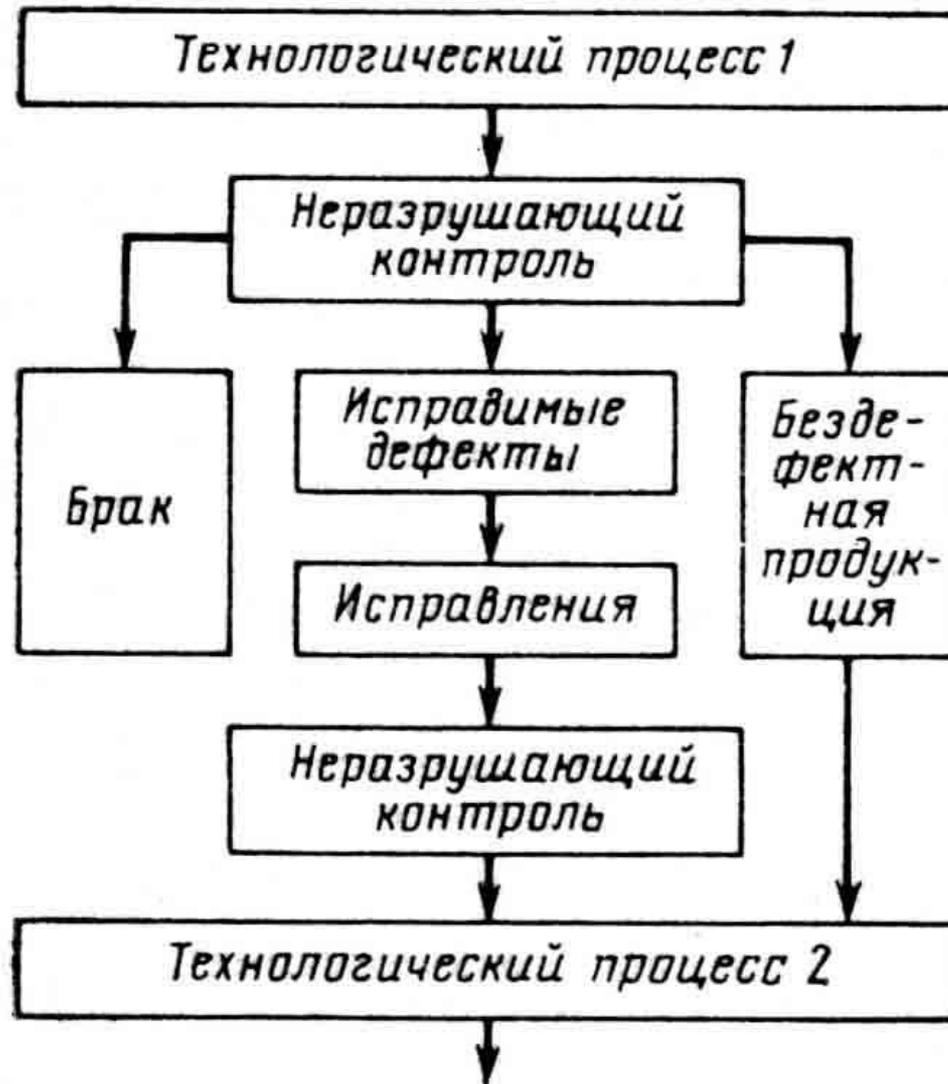


Рис. Элементарная схема последовательности производственных процессов при ремонте



Для выполнения технологического процесса должно быть организовано и надлежащим образом оборудовано рабочее место.

Рабочее место обычно представляет собой часть объема цеха, предназначенную для выполнения работы одним рабочим или группой рабочих, в которой размещено технологическое оборудование, инструмент, приспособления, подъемно-транспортное оборудование, тележки для хранения заготовок, деталей или сборочных единиц.

Рис. Примеры рабочих мест на вертолеторемонтном заводе

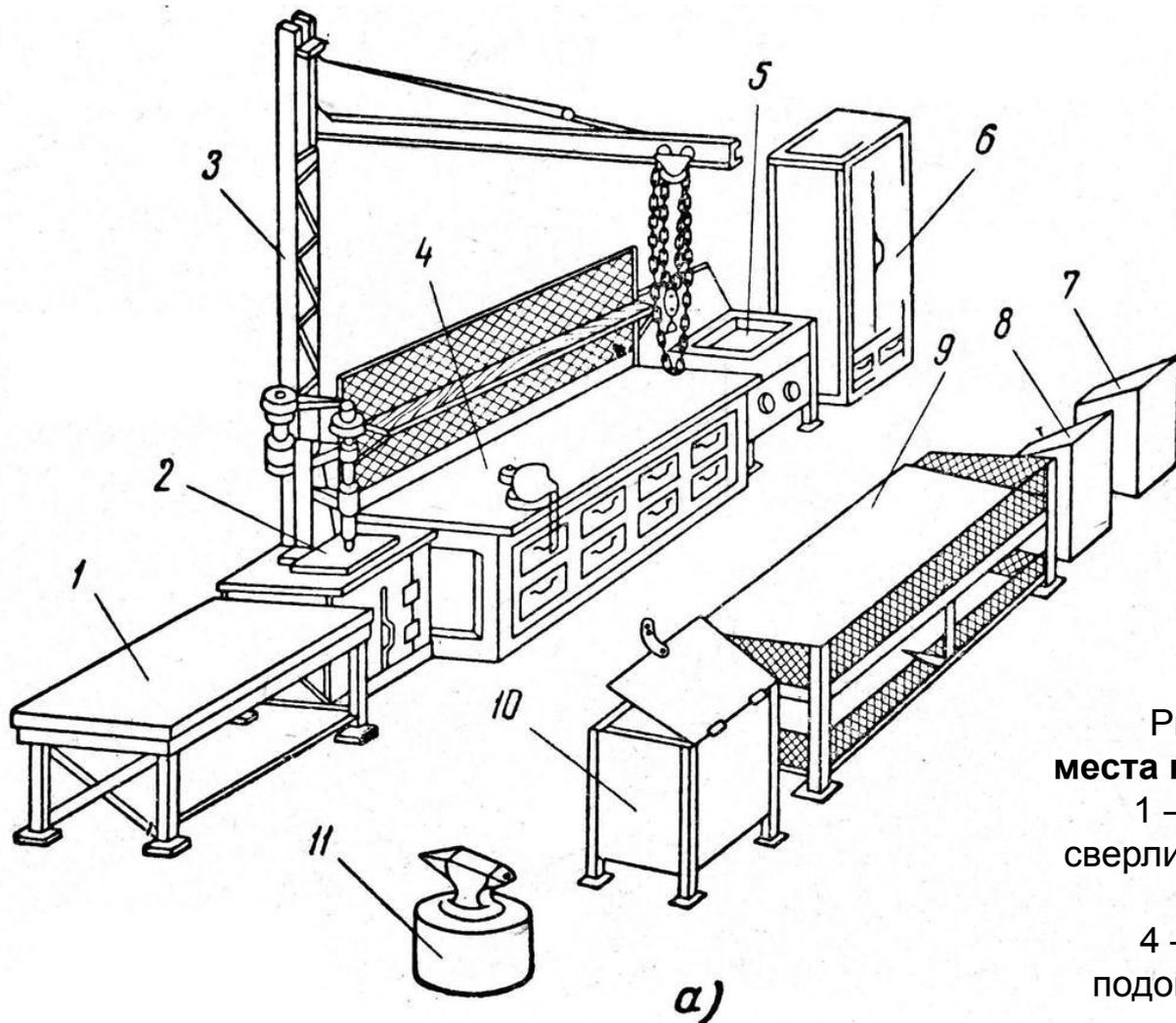


Рис. Схема организации рабочего места комплексной ремонтной бригады:

1 – разметочная плита; 2 – настольно-сверлильный станок; 3 – поворотный кран грузоподъемностью 0,5 Т;

4 – слесарный верстак; 4 – ванна для подогрева подшипников; 6 – шкаф для хранения запасных деталей;

7 – ящик для грязных концов; 8 – ящик для обработанных деталей; 9 – стеллаж;

10 – промывочная ванна; 11 – наковальня

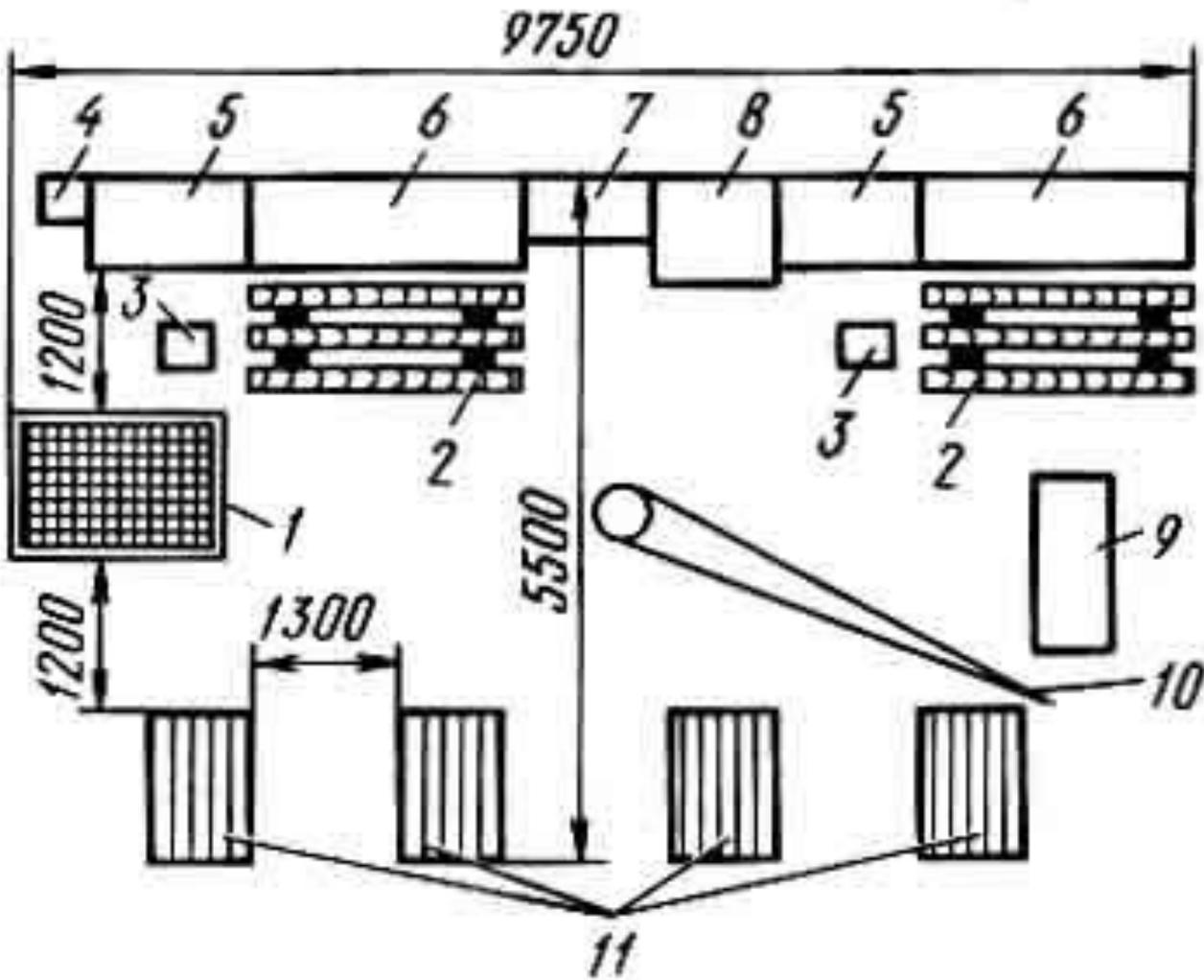


Рис. Типовая планировка рабочего места бригады слесарей-сборщиков:

1 – подставка для деталей; 2 – решетки для ног; 3 – подъемно-поворотные стулья; 4 – урна; 5, 11 – столы; 6 – слесарные двухтумбовые верстаки; 7 – двухсекционный шкаф; 8 – стол для технической документации; 9 – стеллаж; 10 – консольно-поворотный кран

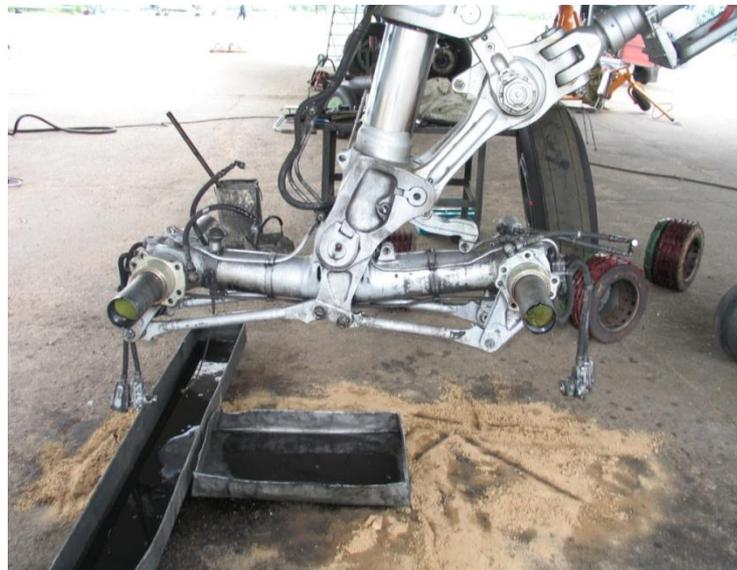


Рис. Рабочее место, для проверки деталей шасси неразрушающими методами контроля, развернутое непосредственно на месте стоянки самолета



Рис. Рабочее место по мелкому ремонту тормозов основной стойки шасси

Технологический процесс ремонта машины или отдельной детали обычно делится на несколько частей – частных технологических процессов, который, в свою очередь, расчленяют на ряд технологических операций.

В основу расчленения чаще всего кладут критерий законченности выполнения работы и место ее выполнения.

Таким образом, **технологическая операция** – это законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте.

Необходимость деления технологического процесса порождается двумя видами причин –

- ❖ физическими и
- ❖ экономическими.

К **физическим** причинам относятся, например, такие, как

- невозможность одновременной обработки резанием всех поверхностей детали, расположенных на шести ее стенках,
- невозможность физически осуществить при сборке монтаж несущего и рулевого винтов вертолета, пока не смонтирована хвостовая балка и т. п.

По **экономическим** причинам нецелесообразно, например, спроектировать и изготовить специальный дорогостоящий станок для одновременной обработки всех поверхностей корпуса коробки скоростей обычного токарного станка, если необходимо изготовить только один такой станок. Экономичнее разделить технологический процесс обработки корпуса на две части, одну из которых можно выполнить на обычном расточном, а вторую – на вертикально-расточном станке.

По тем же причинам в ряде случаев оказывается невыгодным весь технологический процесс механической обработки детали выполнять на одном рабочем месте, как это связано с нерациональным использованием станка, инструмента и квалификации рабочего. Целесообразнее, например, отделить предварительную обработку от окончательной, так как, выполняя их на различных станках даже одного типа, можно гораздо экономичнее достичь требуемую точность детали в результате стабилизации температуры обрабатываемой детали.

При сборке большого количества машин, по экономическим соображениям, целесообразнее технологический процесс **разделить на части, выполняемые на отдельных рабочих местах в одинаковые промежутки времени.**

При поточной форме организации труда (скажем – «скользящий поток», когда объект работ остается в стационарном состоянии, а исполнители переходят из одного дока в другой) необходимо подсчитать общий такт производства по формуле

$$\tau = \Phi_H / N,$$

τ - такт производства часы или дни; Φ_H - номинальный фонд времени цеха, часы или дни; N - количество ремонтируемых машин одной марки.

Затем разборочные (сборочные) работы распределить между несколькими рабочими местами так, чтобы

- 1) разборка (сборка) производились **поточно** по технологическому процессу, а также,
- 2) чтобы **такт каждого поста** был **равен** такту разборки (сборки) – **общему такту производства.**

Равенство такта каждого рабочего места общему такту достигается путем

- изменения количества рабочих мест, а равенство тактов рабочих мест между собой – путем изменения
 - ❖ трудоемкости работ или
 - ❖ количества рабочих на рабочем месте.

Исходя из количества рабочих мест подбирают оборудование – верстаки, стенды, конвейерные тележки и т. п.

Законченная часть технологического процесса, выполняемая на одном рабочем месте одним или несколькими рабочими, принято называть **операцией**.

Операция является **основной единицей** при

- разработке,
- планировании и калькуляции технологического процесса, а также при
- расчете потребного оборудования,
- пропускной способности предприятия,
- потребности в рабочей силе, энергии и т. п.

На операцию обычно разрабатывается и выписывается вся основная планировочная, учетная и технологическая документация.

Примерами операций могут служить обработка детали или нескольких одинаковых деталей на станке; штамповка нескольких деталей на прессе; сборка на валик нескольких деталей на прессе; сборка на валик нескольких зубчатых колес, втулки и подшипников; шабрение направляющих станины станка; установка и закрепление двигателя на шасси автомобиля.

Из изложенного можно сделать вывод, что операции представляют собой наименьшие частицы, на которые делится технологический процесс с точки зрения

- планирования,
- организации и
- учета.

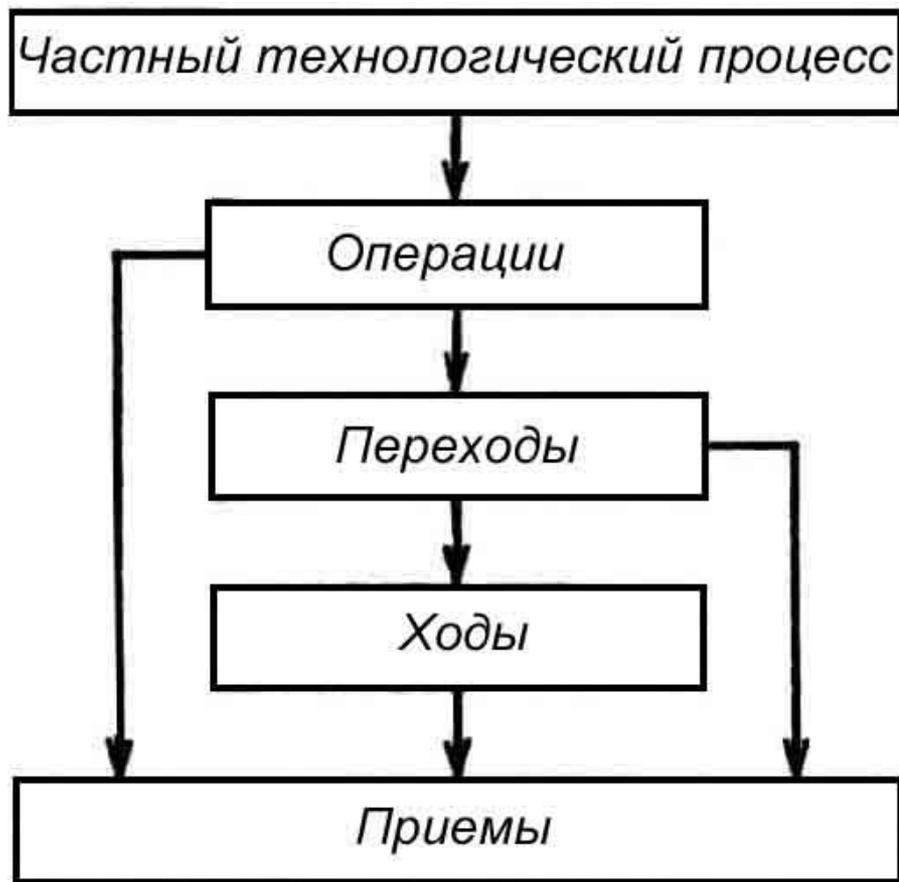


Рис. Схема членения частного технологического процесса на составляющие элементы.

При изучении технологических процессов с целью их рационализации и получения исходных данных о затратах времени рабочим на отдельные части технологического процесса приходится их делить на более мелкие составляющие элементы:

- переходы,
- ходы,
- приемы.

Основными технологическими элементами, из которых формируется (и на которые делится) операция, являются **переходы** – технологические и вспомогательные.

Технологический переход – законченная часть технологической операции, характеризуемая постоянством режима работы станка, применяемого инструмента и обрабатываемых поверхностей.

Вспомогательный переход – это часть технологической операции, содержащая действия человека или оборудования, которые не изменяют состояния изношенной детали, но необходимы для выполнения технологических переходов.

Примерами вспомогательных переходов являются установка, закрепление или снятие деталей, смена инструмента и т. д.

Технологический переход состоит из рабочих и вспомогательных **ходов**.

Рабочим ходом называется законченная часть технологического перехода, состоящая из однократного перемещения инструмента относительно заготовки, сопровождаемого изменением формы, размеров, качества поверхности или других свойств заготовки.

Вспомогательный ход – однократное перемещение инструмента, не сопровождающееся изменением заготовки.

Рабочим приемом, просто приемом, принято называть часть перехода, состоящую из нескольких законченных действий работающего, направленных на выполнение какой-либо законченной части перехода. Примерами приемов могут служить:

- ✓ установка детали в приспособлении,
- ✓ включение станка, подвод режущего инструмента в рабочее положение,
- ✓ соединение двух деталей при сборке,
- ✓ заворачивание гайки,
- ✓ поворот детали и т. д.

Глубина и степень детализации содержания технологических процессов ремонта деталей и сборочных единиц может быть различной.

По степени детализации содержания технологических процессов

предусматривается их деление на

- маршрутные,
- операционные и
- маршрутно-операционные.

В **маршрутном** технологическом процессе приводятся только основные операции и последовательности их выполнения без указания переходов и режимов обработки.

В **операционном** процессе кроме операций приводятся входящие в них все более мелкие составляющие: ходы, приемы и режимы обработки.

В **маршрутно-операционном** процессе часть – более сложных – операций приводится с указанием переходов, приемов и режимов обработки, а часть – без них.

Таким образом, можно осуществлять весьма **глубокую разработку технологического процесса** с подробным членением его на составляющие элементы. В этом случае изделие будет легче изготовить (отремонтировать) на производстве с меньшими затратами труда и при более низкой квалификации исполнителей. Но на разработку такого процесса потребуется больше времени и сложный инженерный труд. Сложность и трудоемкость будут расти по мере увеличения степени детализации и глубины проработки технологического процесса.

Можно ограничиться разработкой **укрупненного технологического процесса** с указанием только основных операций, то есть так называемого технологического маршрута изделия. При этом значительно **упростится инженерный руд**, сократится продолжительность разработки технологического процесса, но

- ✓ **усложнится** изготовление (**ремонт**) изделия,
- ✓ потребуются **рабочие более высокой квалификации**, так как при изготовлении (ремонте) изделия они сами будут детализировать технологический процесс.

Какую степень детализации разработки технологического процесса следует применить (глубокую, то есть разработать операционный технологический процесс, маршрутно-операционный процесс или ограничиться разработкой только маршрутного технологического процесса) в конкретных условиях зависит от организационной формы производства, объема и программы выпуска изделий. Чем больше объем производства и программа выпуска, тем глубже и детальнее должна быть разработка технологического процесса.

Проектирование технологических процессов ремонтов является составной частью системы технологической подготовки производства.

Исходными данными, которыми необходимо располагать для проектирования технологических процессов, являются следующие:

1. Годовая производственная программа ремонта деталей, от которой зависит степень детализации процесса.
2. Чертеж узла или сборочной единицы, в которую входит деталь, требующая ремонта.
3. Рабочий чертеж детали для изготовления ее на машиностроительном заводе.
4. Технологический процесс изготовления детали на машиностроительном заводе. Важным условием обеспечения требуемого уровня качества ремонта деталей является технологическая преемственность между процессами изготовления и восстановления деталей.
5. Ремонтный чертеж детали.
6. Данные о числе изношенных и поврежденных поверхностей, характере повреждений, вероятных сочетаниях дефектов. Эти сведения необходимы для установления рациональной последовательности партий, пускаемых в ремонт и др.
7. Указания о предпочтительности применения методов обработки и способов устранения отдельных дефектов.
8. Справочные данные об оборудовании, сведения о передовом опыте ремонта деталей данного наименования, руководящие и нормативные технические материалы.

При проектировании технологических процессов **системой** является совокупность взаимосвязанных действий (операций) по изготовлению (ремонту) деталей; соответственной **структурой** технологического процесса называется последовательность этих действий.

Таким образом, задачи структурного анализа и последующего синтеза возникают и при и разработке технологического маршрута обработки деталей и при определении оптимальной последовательности переходов в каждой операции.

Поскольку последовательность переходов в каждой операции будет, конечно, влиять на общий показатель эффективности, используемый при выборе технологического маршрута (последовательности операций), то в общем виде мы имеем дело с **задачей синтеза сложной системы, имеющей иерархическую структуру.**

Задача синтеза структуры технологического процесса **сложна и трудно формализуема**, особенно с учетом всех особенностей производства, поэтому, как правило, используются **упрощенные подходы**.

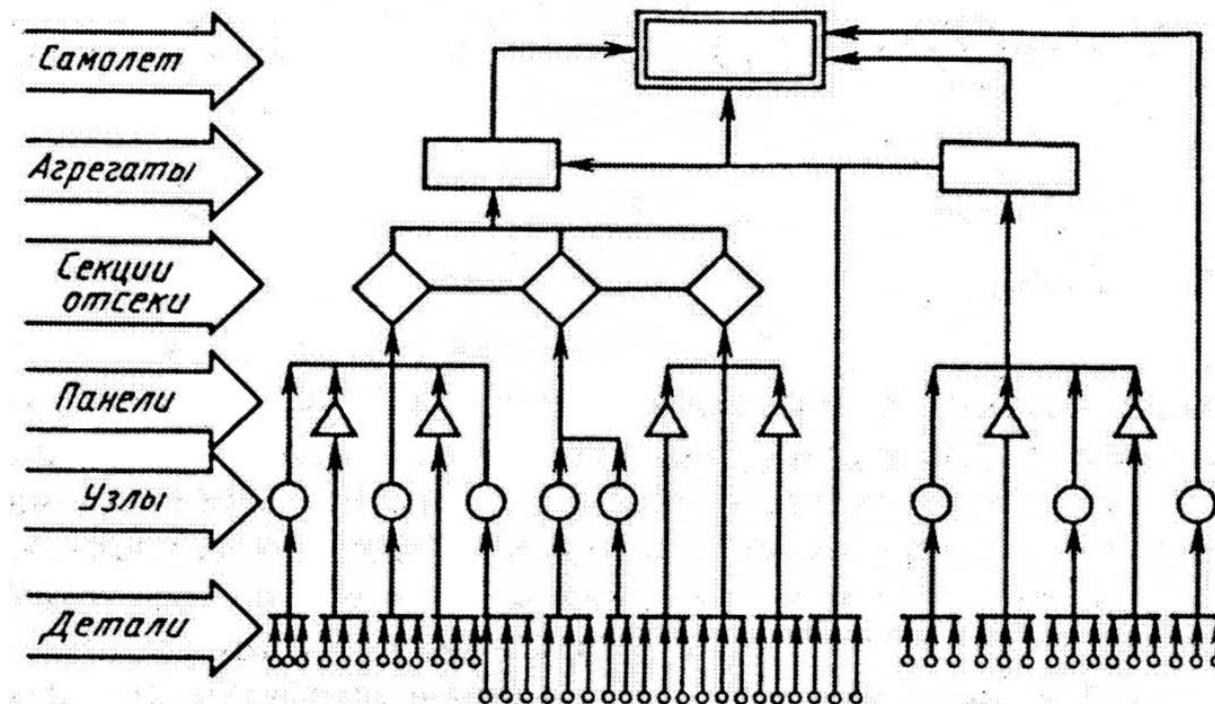


Рис. Технологическая схема сборки самолета

Различают три **типа задачи синтеза** структуры технологического процесса:

1. с технологическим процессом-**прототипом**;
2. с элементами прототипа;
3. без **прототипа**.

Естественно, что введение прототипов или их элементов позволяет упростить решение задачи

Схема проектирования технологического процесса ремонтов при проектировании с технологическим процессом-аналогом имеет вид:

Изделие –
изделие-аналог –
процесс ремонта изделия-аналога –
процесс ремонта изделия

Проектирование технологического процесса по данной схеме, как правило, не приводит к определению оптимального варианта технологического процесса, так как основывается на использовании процессов, не всегда самых лучших.

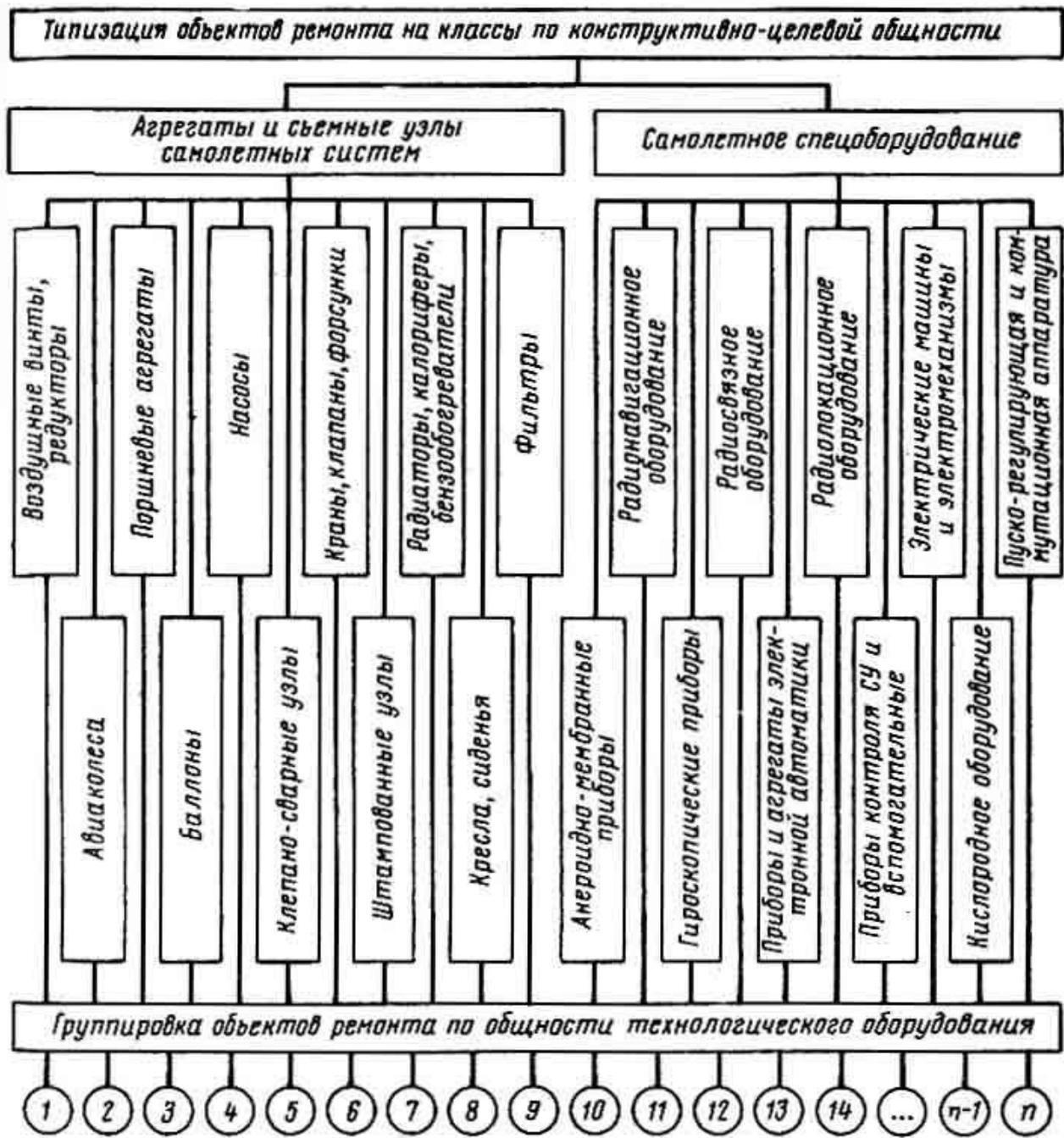


Рис. Схема технологического классификатора агрегатов, съемных узлов и оборудования самолетов

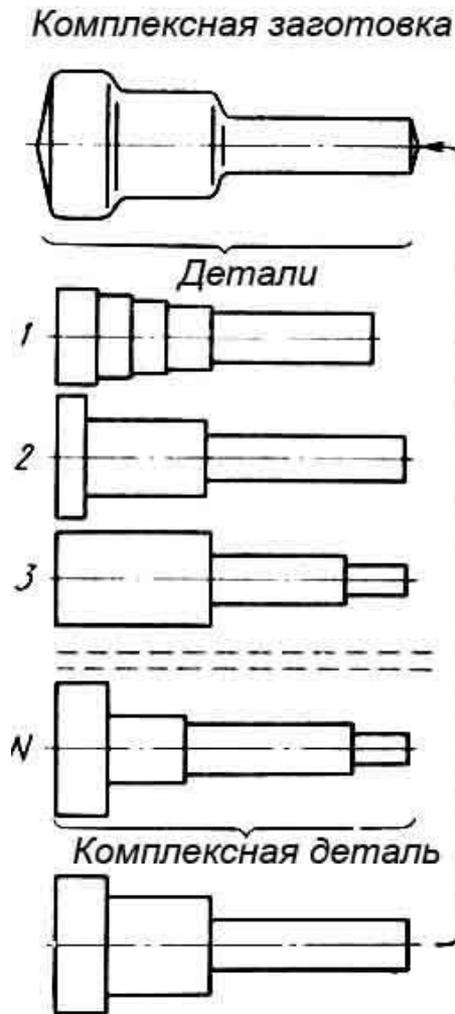


Рис. Схема образования заготовки для группы валов с односторонним расположением ступеней

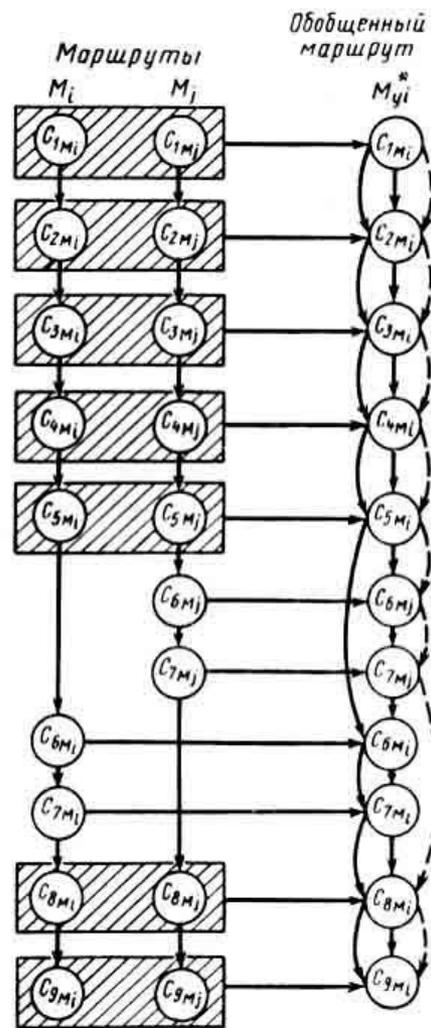
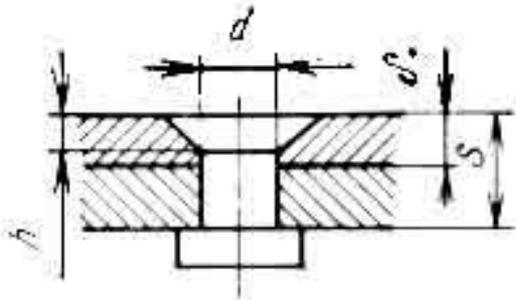


Рис. Схема формирования обобщенного маршрута технологического процесса



| | | | | | |
|---------------------------------|------------------------------|-------|-------|-------|--|
| Заклепки с выступающей головкой | Заклепки с потайной головкой | | | | |
| | $d_1 < h; S \leq d$ | | | | |
| | $d_1 < h; S < 0.5d$ | | | | |
| | $d_1 < h; S > d$ | | | | |
| | $d_1 > h$ | | | | |
| F_1 | F_2 | F_3 | F_4 | F_5 | |

| | | | | | |
|--------------------------------|-------------|---|---|---|---|
| Сверление отверстия в каркасе | τ_1 | | | ● | |
| Зенкование гнезда в каркасе | τ_2 | | | ● | |
| Сборка пакета | τ_3 | ● | ● | ● | ● |
| Сверление пакета | τ_4 | ● | ● | ● | ● |
| Зенкование гнезда в обшивке | τ_5 | | | | ● |
| Штамповка гнезда пуансоном | τ_6 | | ● | | |
| Расверливание пакета | τ_7 | | ● | | |
| Вставка заклепки | τ_8 | ● | ● | ● | ● |
| Штамповка гнезда заклепкой | τ_9 | | ● | ● | |
| Образование замыкающей головки | τ_{10} | ● | ● | ● | ● |

Рис. Табличная модель выполнения заклепочного соединения

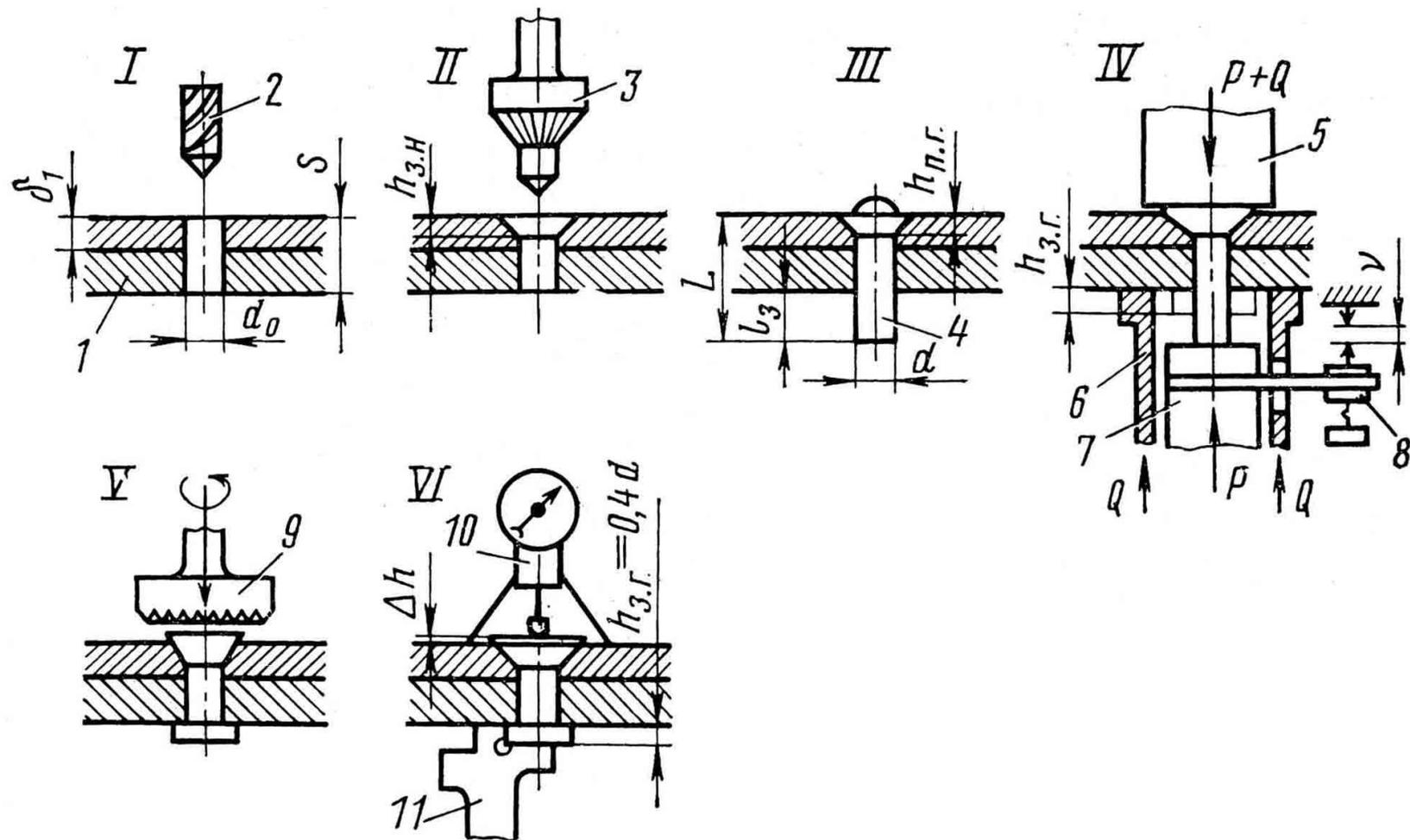
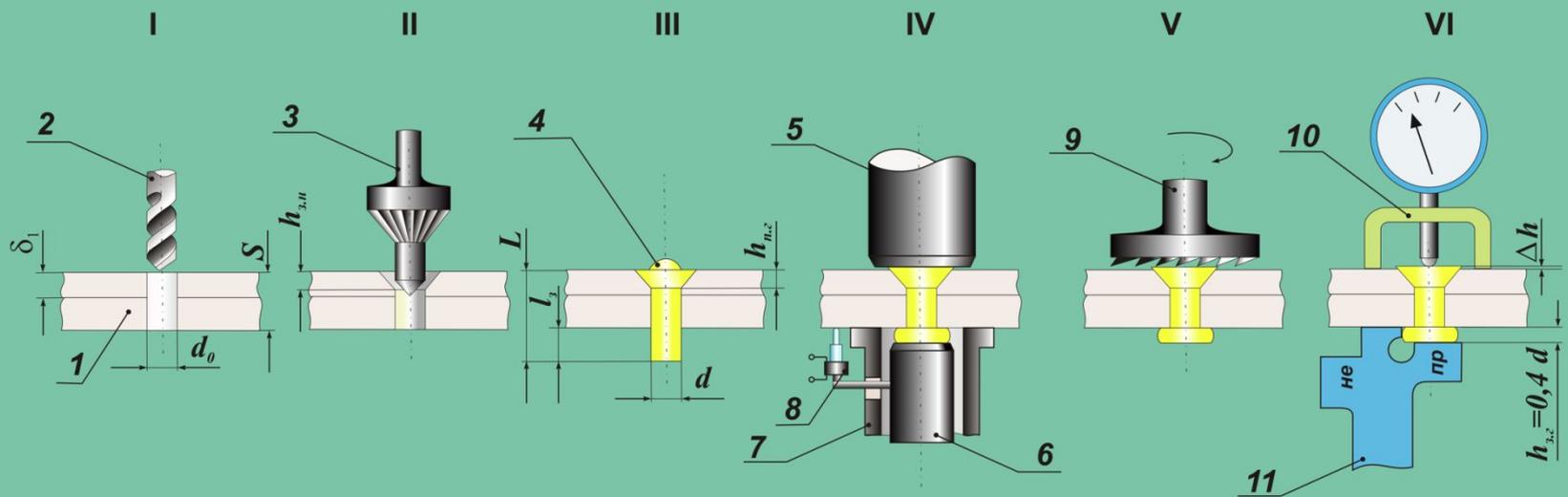


Рис. Операции процесса клепки:

1 – склепываемый пакет; 2 – сверло; 3 – зенковка; 4 – заклепка ЗУК; 5 – верхний пуансон; 6 – прижим; 7 – нижний пуансон; 8 – система микровыключателей; 9 – торцевая фреза; 10 – индикатор с подставкой; 11 – шаблон



При втором направлении – проектирование с элементами прототипа – используются типовые и групповые технологические процессы.

Работы в этом направлении базируются на создании классификаторов деталей, поверхностей, типовых технологических операций, комплексных технологических маршрутов, на которых строятся библиотеки, содержащие запись технологических процессов или их отдельных частей. В этом случае схема проектирования технологического процесса будет следующей:

Изделие –

Унифицированный технологический процесс –

Рабочий технологический процесс.

В качестве базовых моделей при таком подходе регламентированы:

- ❑ **технологические модели изделия**, описывающие конструктивно-технологические свойства деталей и сборочных единиц и являющиеся исходными данными для подсистем технологического проектирования;
- ❑ **модели порождающей (технологической) среды**, включающие описание среды (операций, переходов, оборудования, оснащения), связей между ними, алгоритмов и правил выбора и оценки технологических решений;
- ❑ **модели технологических процессов**, описывающие взаимодействие элементов технологической системы и изделия в технологическом процессе.

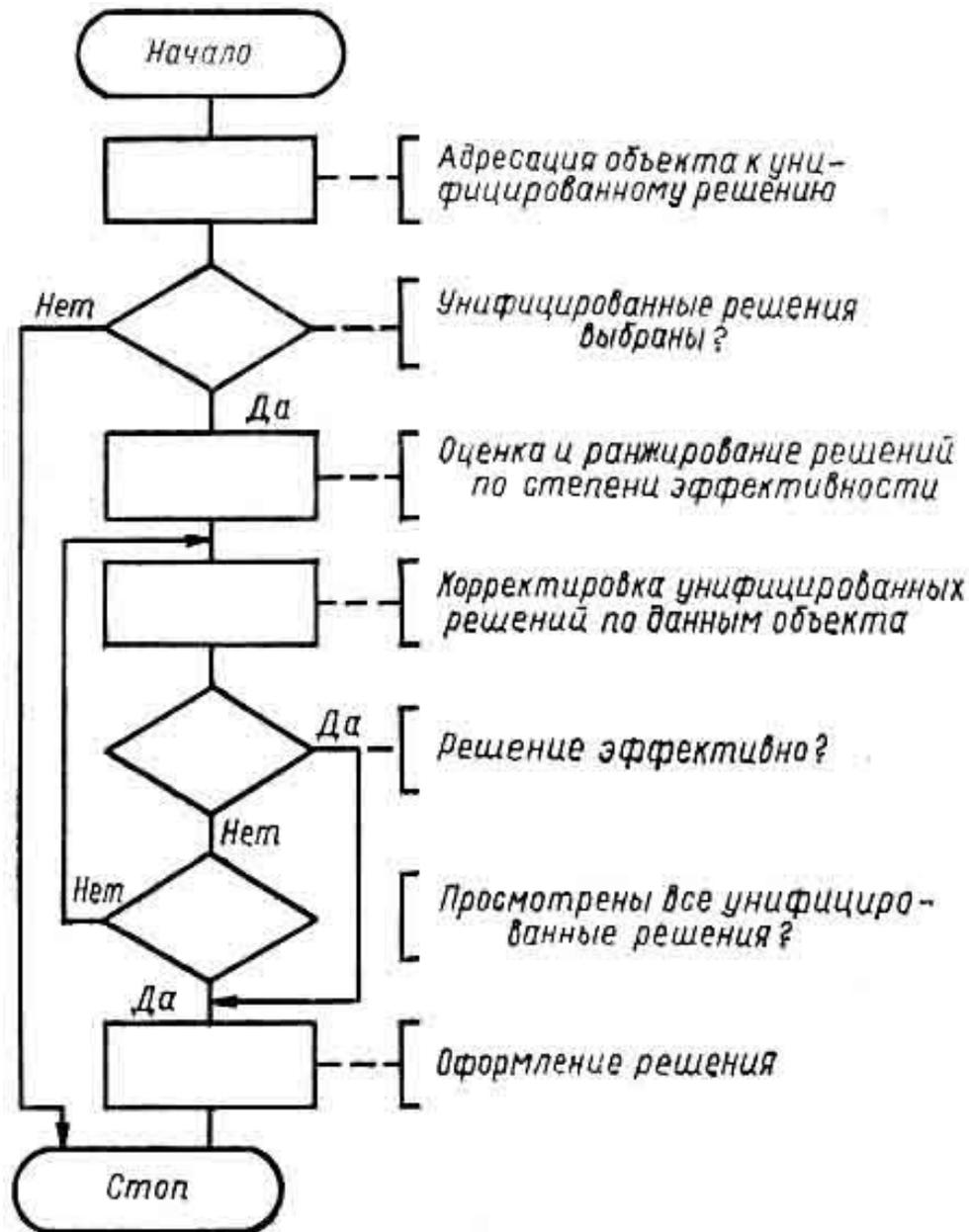


Рис. Схема процедуры проектирования технологического решения методом адресации

| | F ₁ | F ₂ | F ₃ | F ₄ | F ₅ | F ₆ |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| τ ₀ | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| τ ₁ | ● | ● | | | | |
| τ ₂ | ● | ● | | | | |
| τ ₃ | ● | ● | ● | | | |
| τ ₄ | ● | ● | ● | | | |
| τ ₅ | ● | ● | | | | |
| τ ₆ | ● | ● | | ● | | |
| τ ₇ | | | | | ● | |
| τ ₈ | ● | ● | | | | ● |
| τ ₉ | ● | ● | | | | ● |
| τ ₁₀ | ● | ● | | | | |
| τ ₁₁ | ● | ● | ● | | | |
| τ ₁₂ | ● | ● | ● | | | |
| τ ₁₃ | ● | ● | ● | ● | ● | ● |
| τ ₁₄ | ● | | | | | |
| τ ₁₅ | ● | | | | | |
| τ ₁₆ | ● | ● | | | | |
| τ ₁₇ | ● | | ● | | | |
| τ ₁₈ | ● | | | ● | | |
| τ ₁₉ | ● | ● | | ● | | |
| τ ₂₀ | ● | | | | | ● |
| τ ₂₁ | ● | ● | | | | ● |
| τ ₂₂ | ● | ● | | | | ● |
| τ ₂₃ | ● | ● | ● | ● | ● | ● |

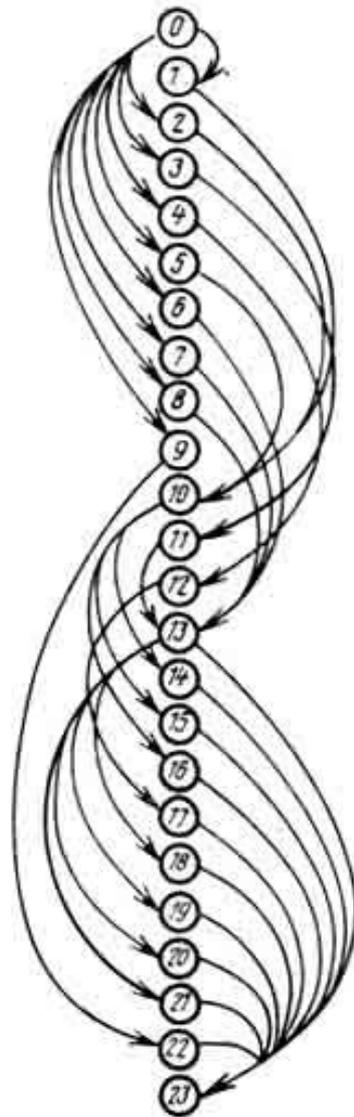


Рис. Сетевая модель состава технологической системы выполнения болтовых соединений:

а – матрица контуров; контуры: F₁ – отверстие d 8 мм; F₂ – отверстие d 16 мм; F₃ – отверстие седьмого квалитета; F₄ – контур положения болта; ; F₅ – контур положения шайбы; F₆ – контур положения гайки; операторы: τ₀ – исходный оператор; τ₁ – сверление; τ₂ – рассверливание; ; τ₃ – развертывание; τ₄ – протачивание; τ₅ – снятие фаски; τ₆ – кернение и т. д.
 б – граф смежности операторов и элементов технологической системы

Применение унифицированных технологических процессов позволяет сразу войти в область решений, близкую к оптимальной, и сократить количество перебираемых вариантов. Однако, надо отметить, что решение задачи проектирования технологических процессов данным методом требует **большой и трудоемкой подготовительной работы** по созданию унифицированных технологических решений.

Типовой технологический процесс разрабатывается для группы изделий с общими конструктивными и технологическими признаками.

Групповой технологический процесс предназначен для совместного изготовления или ремонта группы изделий различной конфигурации. Он должен состоять из комплекса **групповых технологических** операций, выполняемых на специализированных рабочих местах

Третье направление в проектировании технологических процессов связано с проектированием **индивидуальных технологических процессов**.

Здесь делаются попытки установить общие технологические законы, построить на базе известной эмпирики технологической науки ее интерпретацию.

Отметим, что каким бы из методов не решалась задача проектирования технологических процессов, все они отличаются **сложностью**, наличием большого количества ***неформальных процедур***.

В соответствии с ГОСТ 22770-77 при технологическом проектировании все элементы технологического процесса – этапы, операции и переходы – называются ***технологическими операторами***.

К основным задачам технологического проектирования относятся определение состава технологических операторов τ_k , входящих в технологический процесс T_i , и определение последовательности выполнения технологических операторов, обусловленной конструктивно-технологическими свойствами изделия и свойствами технологической системы.

Состав операторов технологического процесса представляется в виде множества T_i ;

если оператор τ_k входит в T_i , то обозначается

После определения последовательности

выполнения операторов технологический

процесс T_i представляет собой упорядоченное

множество (последовательность) операторов

$$T_i = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{k-1}, \tau_k, \dots, \tau_n).$$

В этой последовательности операторы,

предшествующие τ_k , образуют подмножество

$$T_k^o = (\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_{k-1}),$$

обозначается $T_k^o = T_i$.

В составе T_k^o существуют:

1. Группа операторов $B_i(\tau_i)$, после выполнения которых становится возможным выполнение τ_k , например, вставка болта возможна после сверления и разделки отверстия, контроль качества сварного шва – после выполнения сварки и т. п.
2. Группа операторов $W_i(\tau_i)$, после выполнения которых выполнение τ_k становится невозможным, например, разделка отверстия невозможна после установки болта, установка болта невозможна после установки деталей, закрывающих доступ для установки этого болта и т. п.
3. Очевидно, выполнение любого оператора τ_k в технологическом процессе T_i возможно только в том случае, если в составе операторов T_k^o существует хотя бы один набор операторов вида $B_i(\tau_i)$ и нет ни одного оператора вида $W_i(\tau_i)$.

Эти условия в математической форме записываются так:
последовательность T_i выполнения технологических операторов $\tau_k T_i$ возможна, если

$$\tau_k T_i [B_i(\tau_i) (B_i(\tau_i)),$$

$$\tau_k T_i W_i(\tau_i),$$

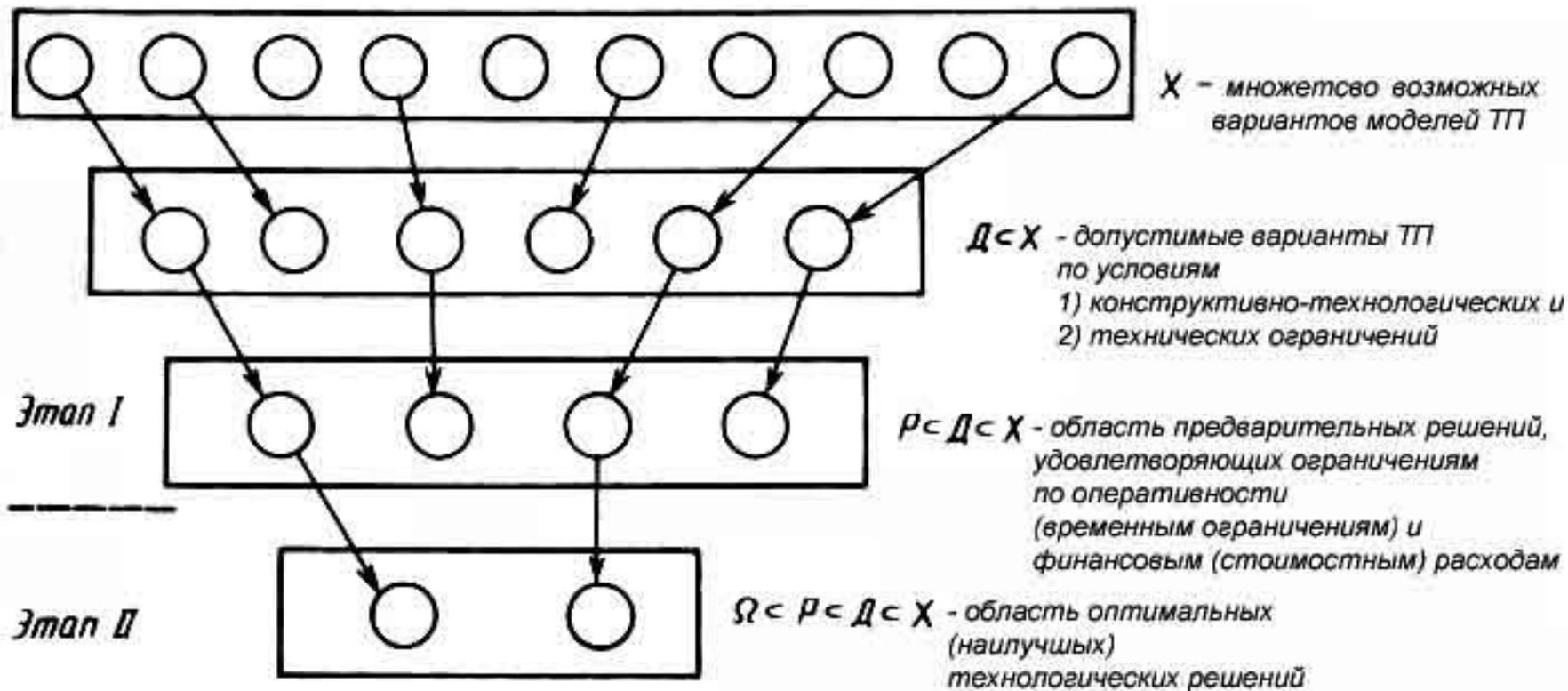


Рис. Общая схема оптимизации технологических процессов ремонта изделий авиационной техники

Оптимизация технологических процессов является сложной задачей, так как область решений, то есть множество возможных вариантов технологических процессов, задана не аналитически, а, как правило, логически, в виде разного рода *правил, инструкций, указаний*, имеющих как формальный, так и неформальный характер.

Различают два вида оптимизации технологических процессов:

- 1) структурную и
- 2) параметрическую.

Параметрической оптимизацией называют оптимизацию, связанную с изменением параметров процесса при его заданной структуре. Она характерна для уровня технологических операций при выборе режимов обработки (скорость резания, величина подачи и т. д.).

Структурной оптимизацией является оптимизация, связанная с выбором структуры технологического процесса, то есть с выбором необходимых операций, порядка их выполнения.

Считается, что **структурная оптимизация** является **главной**, так как

- данную задачу приходится решать **чаще** и
- ее результаты в **наибольшей степени** **влияют** на основные технико-экономические показатели технологических процессов.



При обслуживании авиационных двигателей на пилонах планера самолета наличие подходящих свободных стремянок, обеспечивающих доступ к объекту ТО, может быть ограниченным, как могут быть и ограничения на порядок обхода (прохождения) «точек» обслуживания, обусловленные самыми различными обстоятельствами (чаще всего случайного характера, которые заранее, до начала работ, невозможно предусмотреть). Уже хотя бы по этим, названным причинам последовательность операций по техническому обслуживанию и текущему ремонту (то есть структура технологического процесса) будут меняться и требовать от лица его организующего проведения структурной оптимизации с целью рационализации.



Аналогичные ситуации могут возникать при необходимости использования в ходе работ по ТОиР подъемно-транспортных средств на колесном ходу.

Задача о выборе маршрутов, или задача о коммивояжере

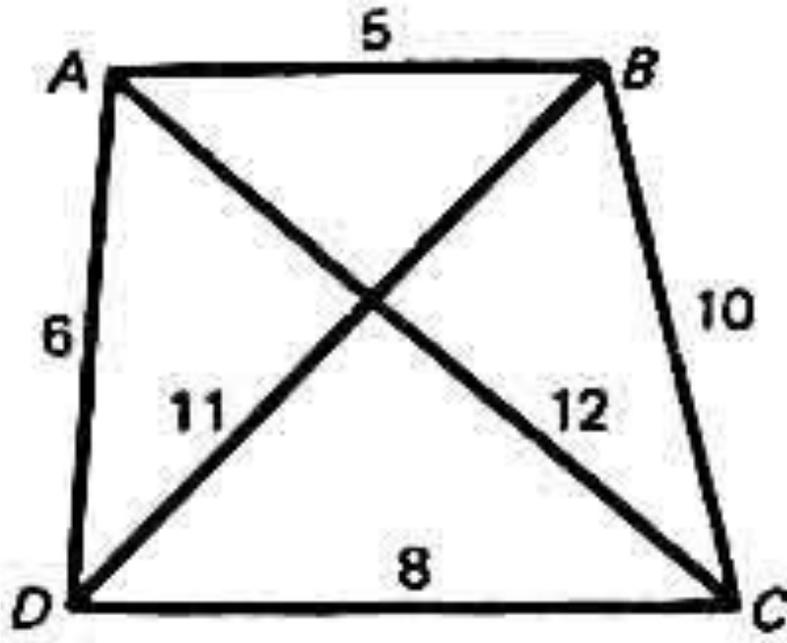


Рис. Схема маршрутов

Авиационный техник должен построить маршрут так, чтобы побывать в каждом из n заданных пунктов по выполнению работ по техническому обслуживанию и текущему ремонту (ТОиР) в точности по разу и возвратиться в исходный пункт. При этом, если таких маршрутов несколько, желательно выбрать такой, который имеет минимальную протяженность.

На рис. приведено схематическое изображение расположения пунктов A, B, C, D маршрутов и расстояний.

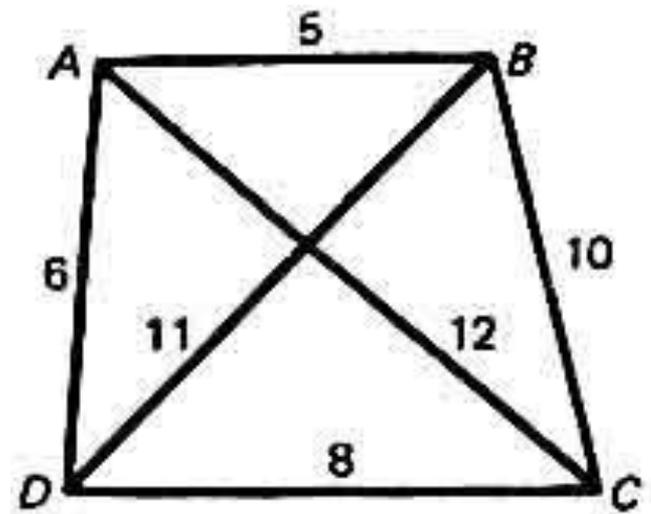


Рис. Схема маршрутов

Из приведенного графа видно, что в приведенной задаче существует:

- два наиболее **длинных** маршрута – **ACBDA**, **ADBCA** – и
- два наиболее **коротких** маршрута – **ABCD**, **ADCBA**.

В случае многократного рушения приведенной задачи разность будет кратно накапливаться.

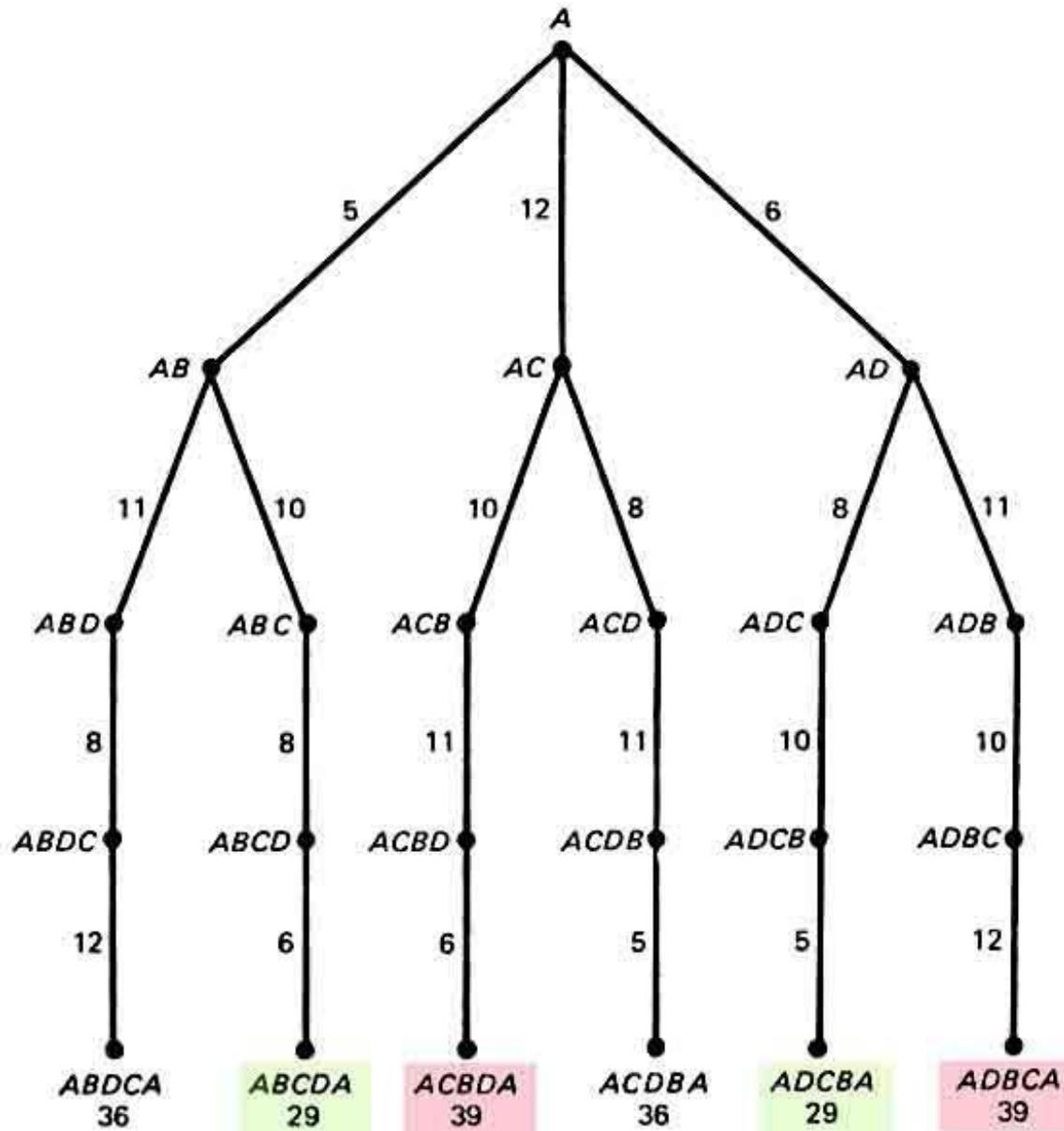


Рис. Граф состояний задачи о выборе маршрута

Из приведенного примера очевидно следует, что от структуры технологического процесса (последовательности выполнения операций) при нормальной интенсивности выполнения работ существенно зависят его выходные технико-экономические показатели – трудоемкость и длительность (оперативность).

Использованная литература:

- 1. Ремонт летательных аппаратов: Учебник для вузов гражданской авиации. А. Я. Алябьев, Ю. М. Болдырев, В. В. Запорожец и др.; Под ред. Н. Л. Голего. – 2-е изд., перераб. и доп.- М: Транспорт, 1984. – 422 с.*
- 2. Бейлин. Л. А., Мейер А. А. Ремонт самолетов, вертолетов и авиационных двигателей. Учеб. пос. для сред. учеб. заведений ГА. – М.: Транспорт, 1966. – 428 с.*
- 3. Ингликов М. А. Ремонт технических систем. Л.: ВИКИ им. А. Ф. Можайского, 1978. – 322 с.*
- 4. Ремонт и техническая эксплуатация лесотехнического оборудования. – Л.: Агропромиздат. ленингр. отд-не, 1989. – 312 с.*
- 5. Горохов В. А., Лоцманов С. Н., Михайлов А. А., Петрунин И. Е. Авиационное ремонтное дело. Часть 1 и часть 2. Под ред. д.т.н. проф. А. А. Михайлова. М.: Военное издательство МО СССР, 1970.*

Якущенко В.Ф. Ремонт воздушных судов: Учебное пособие
/ СПбГУГА. С.-Петербург, 2010.