

Восточно-Сибирский государственный
университет технологий и управления

Кафедра «Самолето- и вертолетостроение»

Проектирование сборочной и
испытательной оснастки

Лекция №4

СП для сборки
клепаных, клееных,
сварных и паяных конструкций

Разработал: Павлов А.Н.

Улан-Удэ
2013

Принятые сокращения

КМ – композиционные материалы

НО – направляющие отверстия

СЗУ – сверлильно-зенковальная установка

СО – сборочные отверстия

СП – сборочное приспособление

ТП – технологический процесс

ТЭН – трубчатый электронагреватель

ТЭС – точечная электросварка

ЧПУ – числовое программное управление

Содержание лекции

1. Конструкции и материалы заклепок. ТП клепки
2. СП для сборки клепаных конструкций
3. СП для сборки клееных конструкций
4. СП для сборки сварных и паяных конструкций

A photograph of a large industrial aircraft manufacturing facility. In the center, a yellow overhead crane spans the width of the hall. Below it, a section of an aircraft fuselage is positioned on a production line. To the left, a set of red stairs leads up to a platform. The background shows various industrial equipment and structural elements of the factory.

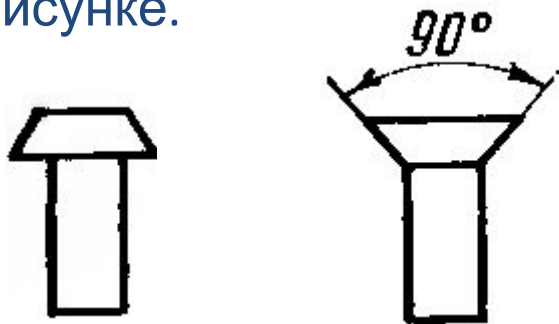
Конструкции и материалы заклепок. ТП клепки

Типы заклепок

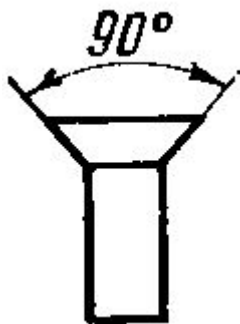
При сборке узлов, панелей и агрегатов планера ЛА из легких сплавов клепка до настоящего времени остается *наиболее распространенным видом неразъемного соединения*, так как она обеспечивает требуемую *надежность и ресурс работы*.

В авиастроении применяется большое количество различных типов заклепок. Для *открытых* мест конструкции, где возможен двухсторонний подход в зону клепки, применяют *обычные* стержневые заклепки. При клепке *закрытых* мест, когда подход к одной из головок заклепок невозможен, применяют *специальные* заклепки для односторонней клепки.

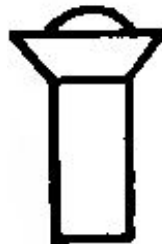
Наиболее распространенные типы обычных заклепок приведены на рисунке.



ЗП – с
плоской
закладной
головкой



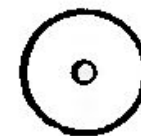
ЗУ – с потайной
закладной
головкой
(90° или 120°)



ЗУК –
– с
компенсатором



Стержневая



Маркировка материала
Д18 и Д19П

Типы заклепок

Обычные стержневые заклепки изготавливают из легких сплавов и сталей с потайными или выступающими закладными головками.

Все применяемые в авиастроении заклепки стандартизированы, имеют шифр, указывающий форму закладной головки, марку материала, диаметр и длину.

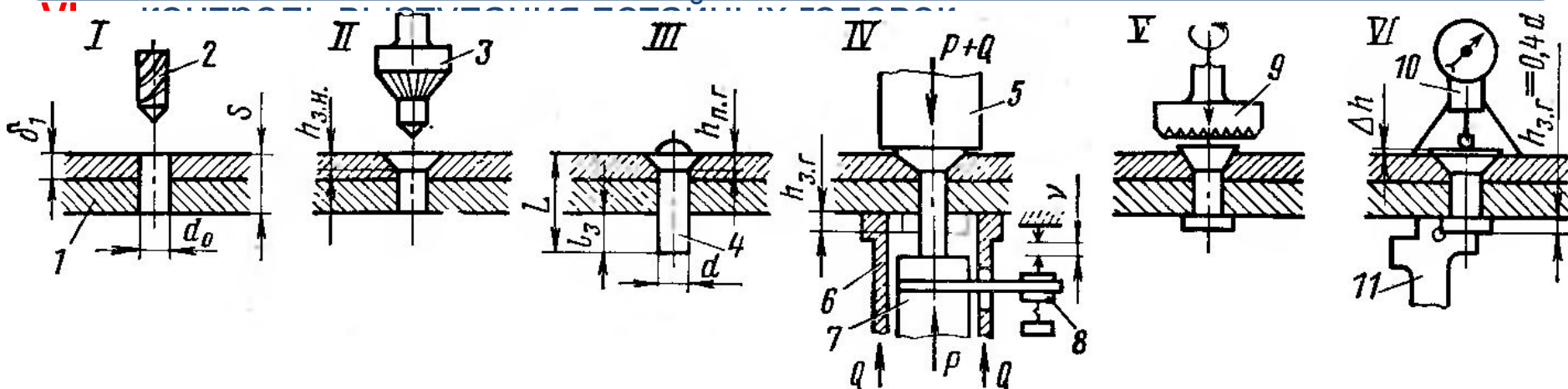
Заклепки из алюминиевых сплавов имеют предел прочности на срез 180...280 МПа, стальные заклепки 350...500 МПа.

Заклепки из сплавов В65 и Д18П термически обрабатываются один раз при изготовлении и ставятся в конструкцию после естественного старения. Заклепки из термически стойкого сплава Д19П ставятся в конструкцию в свежезакаленном состоянии не позднее 2 часов после закалки и их применяют только в тех конструкциях, которые нагреваются в процессе полета. В соединениях обтекаемых воздушным потоком, обычно применяются заклепки с потайными головками. На современных самолетах такие заклепки составляют примерно 65...70% от общего количества заклепок в самолете.

ТП клепки

Рассмотрим ТП клепки на примере потайного негерметичного шва:

- I** — сверление или пробивка отверстия диаметром d_0 под заклепку;
- II** — образование гнезда под головку потайной заклепки под размер $h_{3.н.}$ зенкованием (при $\delta_1 > h_{н.з.}$) или штамповкой листов (при $\delta_1 < h_{н.з.}$);
- III** — вставка заклепки в отверстие; стержень заклепки должен выступать на размер l_3 . Из выступающей части образуется замыкающая головка;
- IV** — образование замыкающей головки $h_{3.з.}$ прессованием или ударом;
- V** — снятие механической обработкой излишнего материала для получения требуемой величины выступания Δh ;



1 – соединяемый пакет; 2 – сверло; 3 – зенковка; 4 – заклепка ЗУК; 5 – верхний пуансон; 6 – прижим; 7 – нижний пуансон; 8 – микровыключатель; 9 – фреза; 10 – индикатор; 11 –

Особенности ТП клепки изделий из КМ

Технологический процесс клепки конструкций из КМ включает в себя известную последовательность операций: образование отверстий и гнезд, вставку заклепок, образование замыкающих головок, контроль. Однако специфические свойства КМ — гетерогенность структуры, малое относительное удлинение при разрушениях, значительное абразивное воздействие армирующих волокон — существенно изменяют процесс резания и формообразования заклепок при выполнении клепаных соединений. Поэтому для обеспечения требуемого качества клепаных соединений КМ технологический процесс, оборудование, инструмент, заклепки проектируются с учетом особенностей механических свойств КМ.

Образование отверстий и гнезд под головки потайных заклепок

Отверстия для заклепок в деталях *сверлят* или *пробивают*. Наиболее распространенным способом является сверление отверстий, так как при этом они получаются более качественными. Прочность заклепочных соединений с пробитыми отверстиями **меньше**.

Для повышения прочности соединений с пробитыми отверстиями необходимо пробивать отверстия *меньшего* диаметра, а затем рассверливать или протягивать их до требуемого размера.

При сверлении отверстий сверло должно быть по размеру диаметра на 0,1...0,2 мм больше диаметра заклепки. Это позволяет легко вставлять заклепку в отверстие и обеспечивает хорошее заполнение отверстия стержнем заклепки.

Сверление и зенкерование гнезд можно выполнять:

- отдельно в каждой соединяемой детали;
- одновременно во всех деталях, входящих в собранный пакет;
- одновременно за 1 ход инструмента сверлят отверстия во всех деталях пакета и зенкуют гнездо в верхней детали с помощью сверла-зенковки.

Образование отверстий и гнезд под головки потайных заклепок

Наиболее совершенным является 3-й способ. При этом хорошо совпадают отверстия во всех деталях и центр отверстия с центром гнезда под потайную головку. Трудоемкость также меньше, чем при раздельном сверлении и применении двух инструментов – сверла и зенковки.

Используются различные методы и средства для установки сверла по центру отверстия: по шаблонам, кондукторам, направляющим отверстиям (НО) или на станках с ЧПУ. В исключительных случаях, при трудном подходе в зону сверления, сверлят по разметке.

В авиапромышленности наиболее распространены следующие виды сверлильно-зенковального оборудования:

- ручные пневматические и электрические дрели;
- универсальные сверлильные станки;
- специальные сверлильно-зенковальные станки (автоматы) и установки;
- сверлильно-зенковальные и агрегатные головки.

Образование отверстий и гнезд под головки потайных заклепок

В настоящее время 40...50% отверстий сверлят и зенкуют ручными пневматическими дрелями, а остальные обрабатывают на универсальных сверлильных, агрегатных станках и специальных сверлильно-зенковальных установках. В промышленности систематически ведутся работы по увеличению объема механизации и автоматизации сверлильно-зенковальных операций, разрабатываются и внедряются новые станки, автоматы и установки.

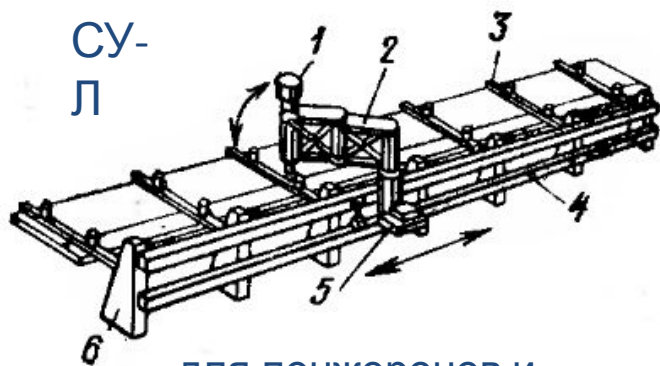
При сверлении отверстий для обеспечения *перпендикулярности* оси сверла к обрабатываемой поверхности в дрели закрепляют специальную центрирующую насадку. В случае одновременного сверления и зенкования гнезда в дрели закрепляют зенковальную насадку, ее использование позволяет получать требуемую глубину гнезда под головку потайной заклепки. Глубина гнезда регулируется путем установки упора на заданный размер гнезда.

Образование отверстий и гнезд под головки потайных заклепок

Пневматические дрели применяют главным образом на агрегатной и общей сборке, где использование станков и автоматов невозможно. Универсальные сверлильные станки используют для сверления отверстий в полках лонжеронов и нервюр, стыковых узлах.

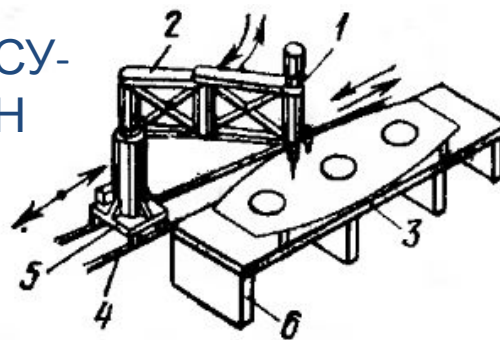
На рисунке приведены схемы установок для сверления и/или зенкования отверстий в узлах типа лонжерона, шпангоута, нервюры и плоской панели. На этих установках можно сверлить (зенковать) отверстия в узлах и панелях с продольным, поперечным и произвольным расположением швов герметичных и негерметичных соединений.

СУ-
Л



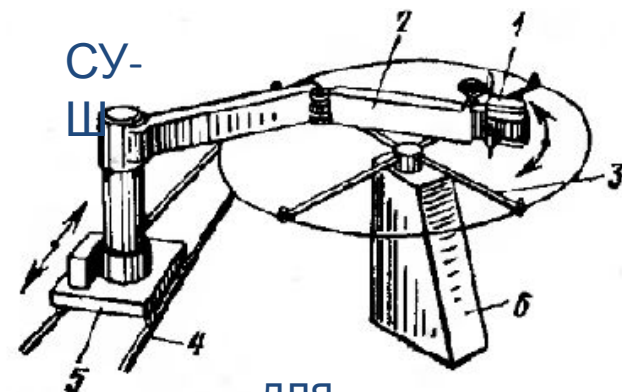
для лонжеронов и
панелей

СУ-
Н



для
нервюр

СУ-
Ш



для
шпангоутов

1 – сверлильная головка; 2 – радиально-сверлильный станок; 3 – поддерживающее устройство;
4 – направляющие; 5 – тележка станка; 6 – колонны

Образование отверстий и гнезд под головки потайных заклепок

При выполнении сверлильно-зенковальных работ узел или панель устанавливают на стол и закрепляют на нем. Отверстия при установке заклепок с выступающими (непотайными) головками сверлят по НО в стрингерах, по кондуктору или по разметке.

В случае применения потайных заклепок процесс сверления и зенкования может выполняться в **двух** вариантах:

- В первом панель устанавливают на стол обшивкой вниз. Затем по НО в стрингерах сверлят сквозные отверстия, далее панель поворачивают стрингерами вниз. По отверстиям в панели зенкуют гнезда под головки потайных заклепок зенковкой с направляющим штифтом.
- При другом варианте панель устанавливают стрингерами вниз и производят одновременное сверление-зенкование отверстий сверлом-зенковкой по кондуктору или разметке.

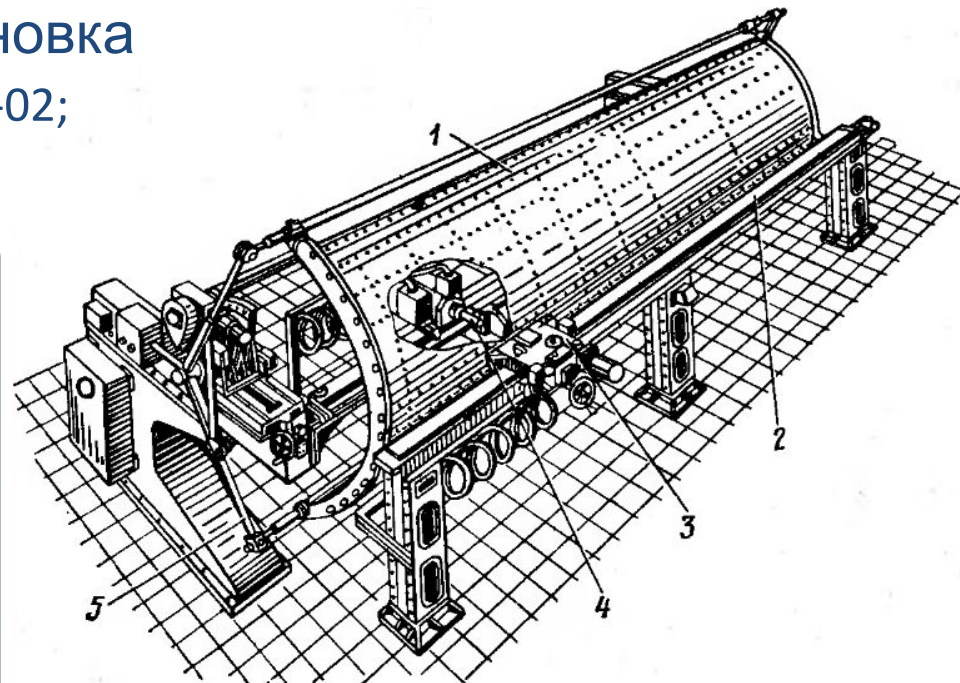
Образование отверстий и гнезд под головки потайных заклепок

Для сверления и зенкования отверстий в узлах и панелях больших габаритных размеров применяют специальные сверлильные станки и станды портального типа или в виде специальных сверлильно-зенковальных установок (СЗУ). На рисунке показана СЗУ для сверления и зенкования отверстий в панелях одинарной кривизны, в стрингерах и шпангоутах. Производительность установки 20...25 отверстий в минуту.

Сверлильно-зенковальная установка

СЗУ-Ф1
1 – панель; 2 – копир; 3 – головка СЗА-02;
4 – прижим; 5 – рама для установки

панели. При сверлении отверстий в продольных швах панель фиксируется, а головка и прижим перемещаются вдоль шва. Головка и прижим ставятся в требуемое положение по копирам автоматически. При сверлении отверстий в поперечных швах головка и прижим фиксируются в неподвижном состоянии, а панель поворачивается на требуемый угол.



Сверление отверстий в КМ

Основными способами образования отверстий в КМ являются **сверление**, **пробивка** и **формование**. Для КМ, обладающих повышенным абразивным воздействием, например, КМ, армированных волокнами бора, целесообразно применять пробивку.

В элементах конструкции из КМ, получаемых методом выкладки или намотки, возможно получать отверстия и гнезда формованием на стадии, предшествующей полному отверждению КМ. Некоторое снижение прочности КМ на смятие для формованных отверстий компенсируется отсутствием перерезания волокон КМ.

Сверление отверстий производят сверлами из твердых сплавов марок ВК6М, ВК8, ВК10М. Сверла из быстрорежущей стали используются в порядке исключения в труднодоступных местах, когда требуются удлиненные или специальные сверла, так как значительное абразивное воздействие армирующих волокон на инструмент приводит к его интенсивному износу и снижению качества отверстий.

Сверление отверстий в КМ

Упругость КМ приводит к возникновению упругого последействия при резании, что увеличивает площадь контакта и силы трения по задней поверхности инструмента, а также приводит к усадке отверстий при сверлении и зенковании. Поэтому режущие части инструмента должны иметь увеличенные задние углы, а диаметр сверл и зенковок должен быть несколько больше диаметра отверстия. Допустимый износ сверл и зенковок не должен превосходить $\delta_s = 1..1,5 \cdot 10^{-4}$ м.

При сверлении отверстий в деталях из КМ принято назначать несколько меньшие скорости резания V и особенно подачи S , чем при сверлении отверстий в деталях из легких сплавов. Для образования отверстий и гнезд в деталях из КМ можно использовать в основном существующее сверлильно-зенковальное оборудование. Предпочтение следует отдавать оборудованию с регулируемой подачей инструмента, что имеет большое значение при образовании отверстий в смешанных пакетах.

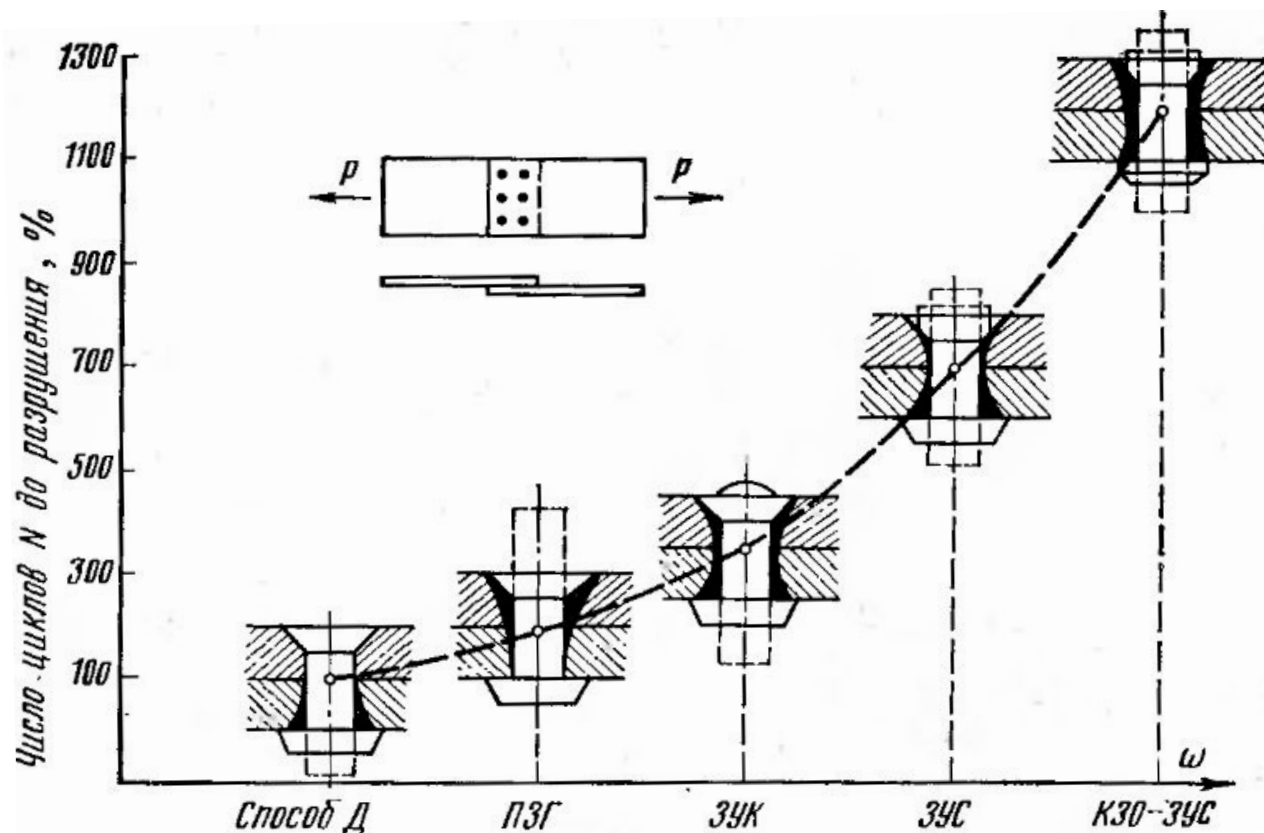
Сверление отверстий в КМ

Сверление на станках с ручной подачей и пневмодрелями однородных и смешанных пакетов, имеющих двухсторонний доступ, рекомендуется производить в два прохода: вначале сверлить со стороны более прочной детали, имеющей большую толщину, затем рассверливать со стороны тонкой детали для однородных и со стороны КМ — для смешанных пакетов. Данное требование вызвано разницей в усилиях резания КМ и металла (особенно сталей и титановых сплавов), в результате чего при сверлении со стороны металла из-за невозможности сохранения равномерной подачи инструмента отверстие в КМ получается типа «проткнутого» с рваными краями и значительной ворсистостью. Сверление на станках с регулируемой подачей однородных пакетов с двухсторонним доступом производится со стороны детали, имеющей большую толщину, а смешанных пакетов — со стороны металлической детали. Для смешанных пакетов, имеющих односторонний доступ, следует предусматривать разборку пакета и удаление заусенцев на кромках отверстий.

Влияние способов клепки на ресурс

Существует несколько технологических методов увеличения ресурса: упрочнение стенок отверстия в детали; повышение чистоты поверхности отверстия; снятие фасок в кромках отверстия.

Наиболее эффективным методом является 1-й метод: упрочнение стенок отверстия за счет деформации листа — увеличения диаметра отверстия стержнем заклепки.



Влияние способов клепки на ресурс

При постановке обычных потайных заклепок способом Д упрочняется в основном лист со стороны замыкающей головки; выносливость при этом способе клепки условно принята за 100%.

Способ ПЗГ (потайная замыкающая головка) приводит к упрочнению зенкованного листа и дает некоторое повышение выносливости при разрушении соединения при вибрационных нагрузках.

Заклепки с компенсатором (ЗУК) и стержневые (ЗУС) обеспечивают более равномерное упрочнение соединяемых деталей и приводят к значительному повышению выносливости.

Наибольшее и практически равномерное упрочнение по толщине деталей возможно получить при клепке КЗО-ЗУС. При этом способе клепки образование головок заклепок происходит в замкнутом объеме.

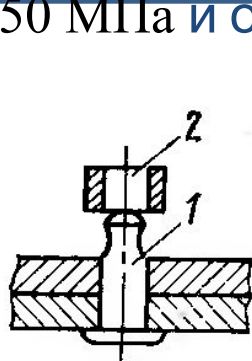
В целях предотвращения заусенцев при клепке повышенным давлением (КЗО, ПЗГ и др.) следует предусмотреть предварительное сжатие пакета усилием, соизмеримым с усилием для образования замыкающей головки.

Специальные заклепки

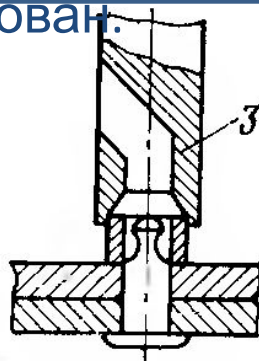
Кроме описанных ранее типов заклепок в авиастроении применяют и **специальные** — **заклепки с высоким сопротивлением срезу** и **заклепки для односторонней клепки**.

~~Заклепки с высоким сопротивлением срезу~~ применяются в соединениях, воспринимающих большие усилия среза. В таких соединениях прочность заклепок из легких сплавов недостаточная, а стальные заклепки необходимо перед постановкой нагреть, что усложняет ТП.

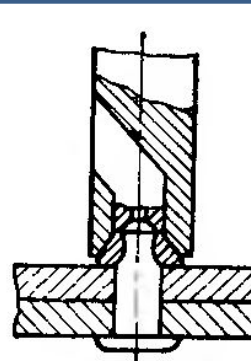
Заклепка с высоким сопротивлением срезу состоит из двух частей: стержня 1 из стали 30ХГСА и кольца 2 из сплава Д18. Один конец заклепки вставлен в потайную или плоскую головку, другой имеет кольцевую выточку. Стержень заклепки термически обработан до $\sigma = 1250 \text{ МПа}$ и отшлифован.



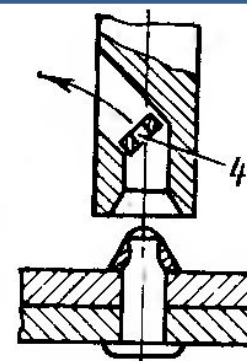
Установка
заклепки



Надевание
кольца



Обжатие
кольца



После
обжатия

Специальные заклепки

ТП образования соединения заклепками этого типа включает следующие основные операции:

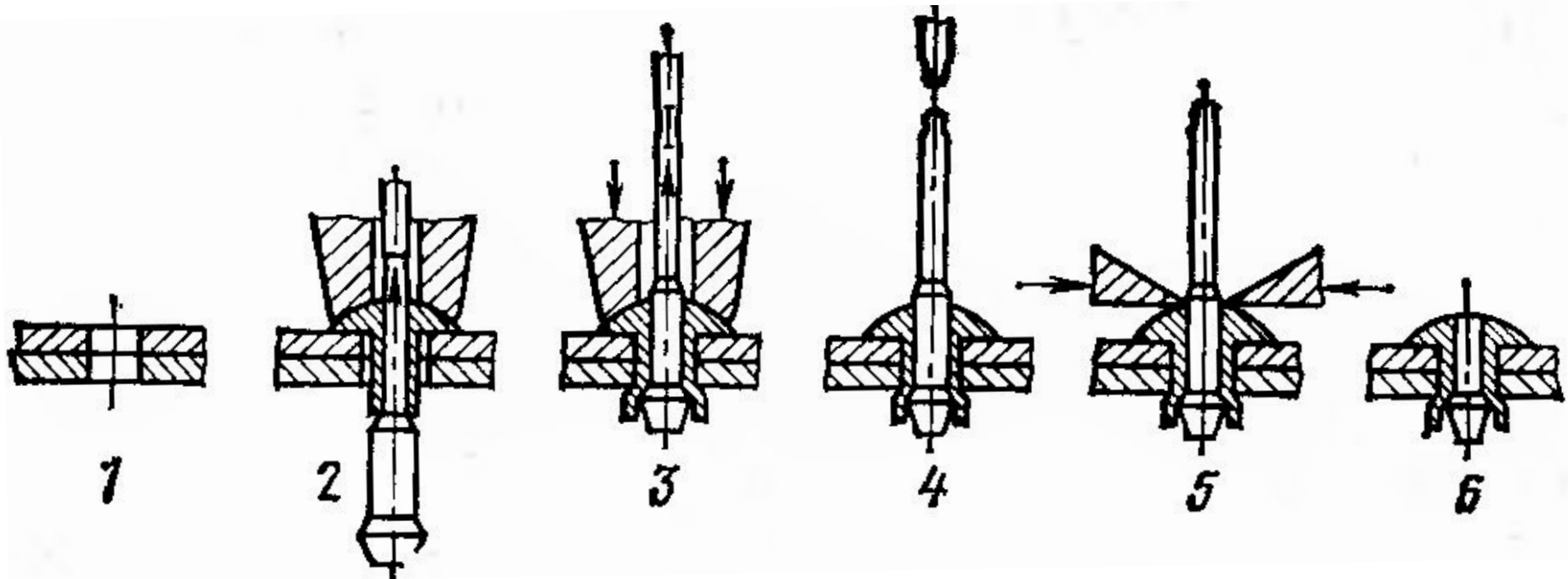
- сверление;
- зенкование;
- развертывание или протягивание отверстий;
- постановка заклепок в отверстия;
- установка колец;
- образование замыкающих головок заклепок.

Все эти операции выполняются на обычном клепальном оборудовании, причем из всех применяемых при клепке инструментов специфической является лишь обжимка 3. Эта обжимка имеет отверстие для выхода излишнего материала 4 после осадки кольца на стержень заклепки.

Заклепки с высоким сопротивлением срезу клепают на прессах одиночной клепки или пневмомолотком.

Специальные заклепки

Заклепки для односторонней клепки применяются в местах, где нет доступа к замыкающей головке заклепки. В таких случаях применяются заклепки с сердечником или гайкопистоны. Отверстия и гнезда для головок таких заклепок выполняются обычным инструментом.



- 1 – сверление отверстия; 2 – вставка заклепки в отверстие;
3 – образование замыкающей головки; 4 – обрыв сердечника;
5 – удаление выступающей части сердечника; 6 – готовое изделие



СП для сборки клепанных конструкций

Типовой пример сборки узла клепаной конструкции

Клепаные соединения широко используются при сборке узлов и панелей из алюминиевых, магниевых и титановых листов и профилей. Сборка производится обычно в СП с базированием деталей по их поверхностям или по СО. Рассмотрим в качестве примера процесс сборки лонжерона.

Схема базирования

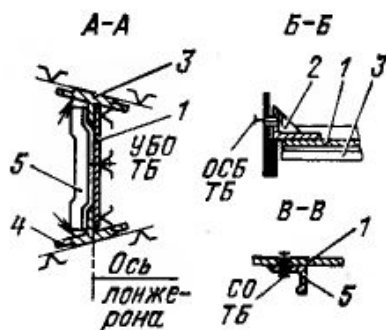
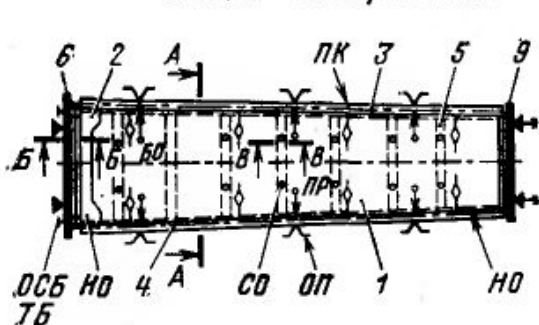
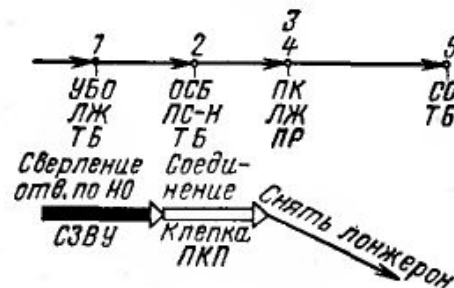
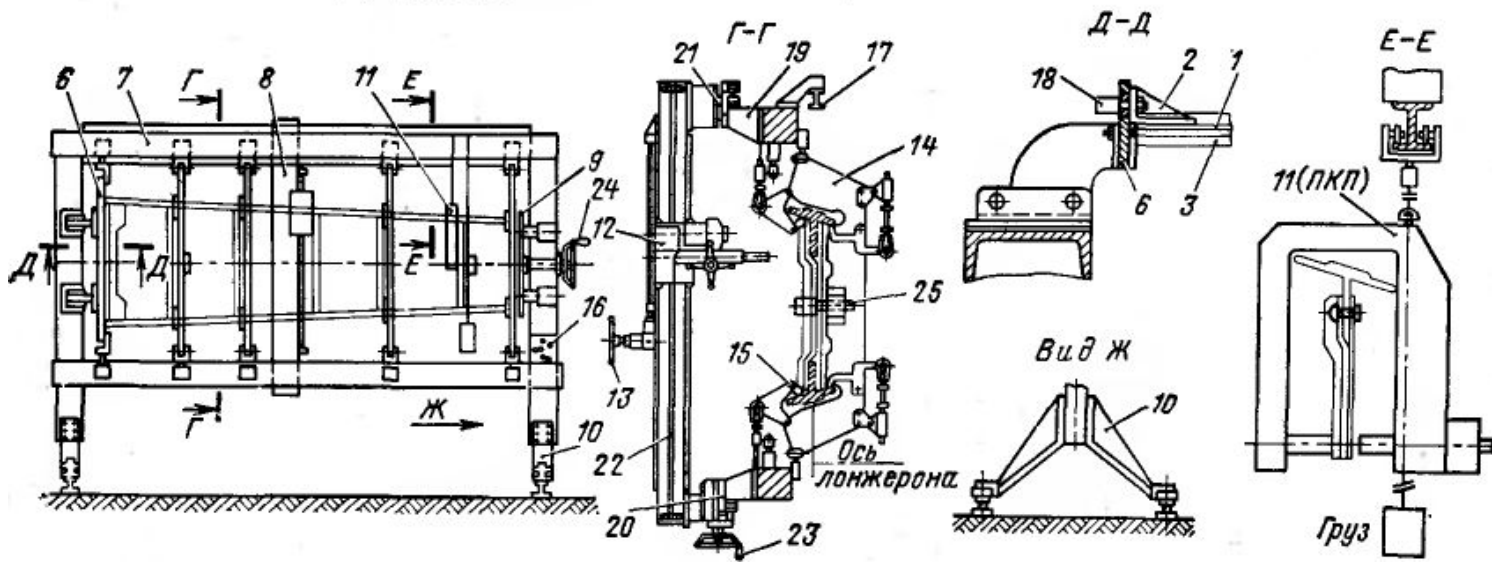


Схема сборки



Приспособление и его оснащение



Типовой пример сборки узла клепаной конструкции

Конструкция

Лонжерон состоит из стенки 1, стыковочного узла 2, поясов 3 и 4, профилей жесткости 5. Все детали лонжерона выполнены из материала Д16Т и соединены заклепками ЗН.

Требуемая точность по контуру обвода 0,5 мм на сторону.

Базы

В качестве баз приняты:

- поверхность каркаса ПК при образовании обводов;
- УБО и поверхность ложементов 14 (ЛЖ) для установки и закрепления стенки в приспособлении;
- ОСБ и торцевая поверхность плиты стыка 6 (ПС-Н) при установке стыкового узла 2;
- поверхность каркаса ПК — обводообразующие поверхности поясов 3 и 4 при установке их на базовые поверхности ложементов 14 (ЛЖ);
- СО в стенке 1 и стойках 5 при установке последних по дистанциям нервюр.

Типовой пример сборки узла клепаной конструкции

Условия поставки деталей на сборку

- Стенка 1 подается с обрезанными кромками и торцами. В ней просверлены два отверстия УБО по хорде и СО по стойкам 5.
- Стыковой узел 2 подается на сборку полностью собранным с отверстиями под ОСБ, выполненными на 2 мм меньше диаметра болта для последующей разделки отверстий под стыковые болты крыла в разделочном стенде.
- В стыковом узле также просверлены НО под заклепки, соединяющие узел со стойкой и поясами.
- Пояса 3 и 4 подаются на сборку с обрезанными торцами по НО. Стойки 5 имеют СО и НО.

Типовой пример сборки узла клепаной конструкции

Последовательность сборки лонжерона

Сборку начинают с установки стенки лонжерона 1 по УБО на штифты 25. Затем устанавливают стыковой узел 2, опирая его на поверхность плиты 6, и закрепляют на ней технологическими болтами 18, вставленными в отверстия ОСБ. Далее устанавливают пояса 3 и 4, опирая их на рабочие поверхности ложементов 14. В продольном направлении пояса фиксируют по плите 6, поджимая их к ней плитофиксатором 9. В таком положении пояса и стенка закрепляются в ложементах пневматическими прижимами 15. Стойки 5 закрепляют на стенке 1 по СО с помощью технологических болтов ТБ.

Сверление всех отверстий по НО производят с помощью сверлильной установки типа СЗВУ 12, а клепку заклепок – с помощью подвесного пневморычажного пресса ПКП 11. По окончании сборки лонжерон снимают с СП и передают на следующий этап сборки.

Сборка вертолета



СП для сборки клееных конструкций



Клеевые соединения в авиастроении

Последние годы характеризуются все более широким применением клеевых соединений в авиастроении благодаря тому, что они, в отличие от сварных, заклепочных и болтовых соединений, не ослабляют конструкцию за счет сварных швов или отверстий и обеспечивают более равномерное распределение напряжений по всей площади склеивания. Применение клеев позволяет повысить усталостную прочность и коррозионную стойкость конструкций, снизить их массу и трудоемкость, улучшить качество обтекаемой поверхности. В ряде случаев удастся выполнять соединение с герметизацией.

К недостаткам клеевых соединений относятся ограниченная теплостойкость, относительно низкая прочность, особенно при неравномерном отрыве (отдире), склонность к «старению» клеевой пленки, необходимость нагрева изделий при склеивании большинством клеев, и отсутствие достаточно надежных объективных неразрушающих методов контроля качества клеевых соединений.

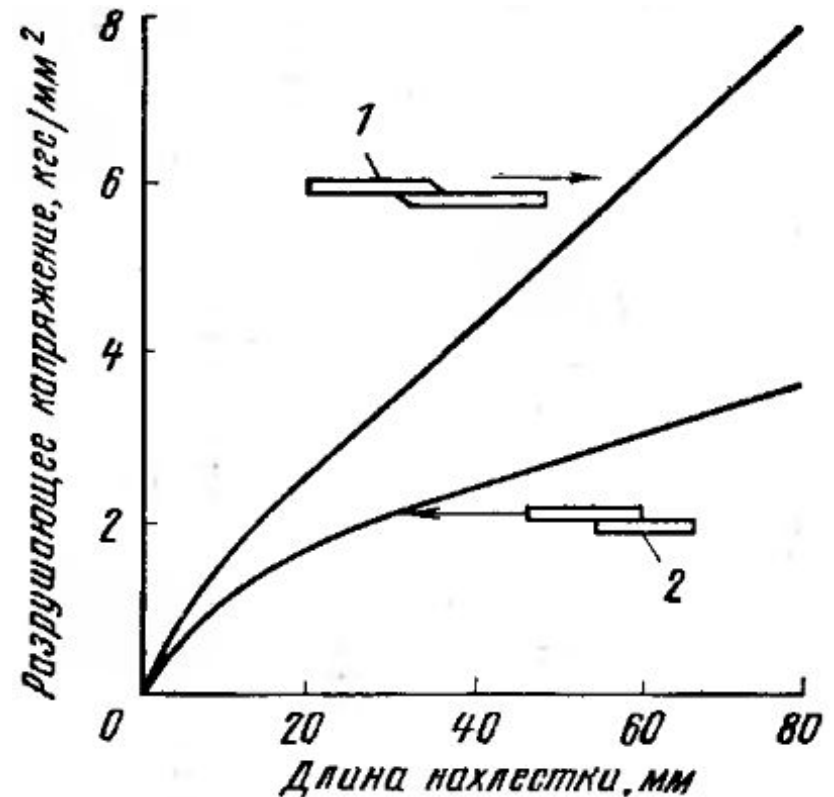
Клеевые соединения в авиастроении

В зависимости от температуры склеивания все клеи могут быть разбиты на две группы:

- а) отверждающиеся при комнатной температуре;
- б) отверждающиеся при температурах 160..180°C.

Клеи могут быть жидкими, пастообразными, пленочными, порошкообразными и твердыми (в виде прутков и палочек).

Наиболее широкое применение находят клеевые соединения внахлестку, прочность которых можно повысить использованием скошенных кромок.



ТП склеивания

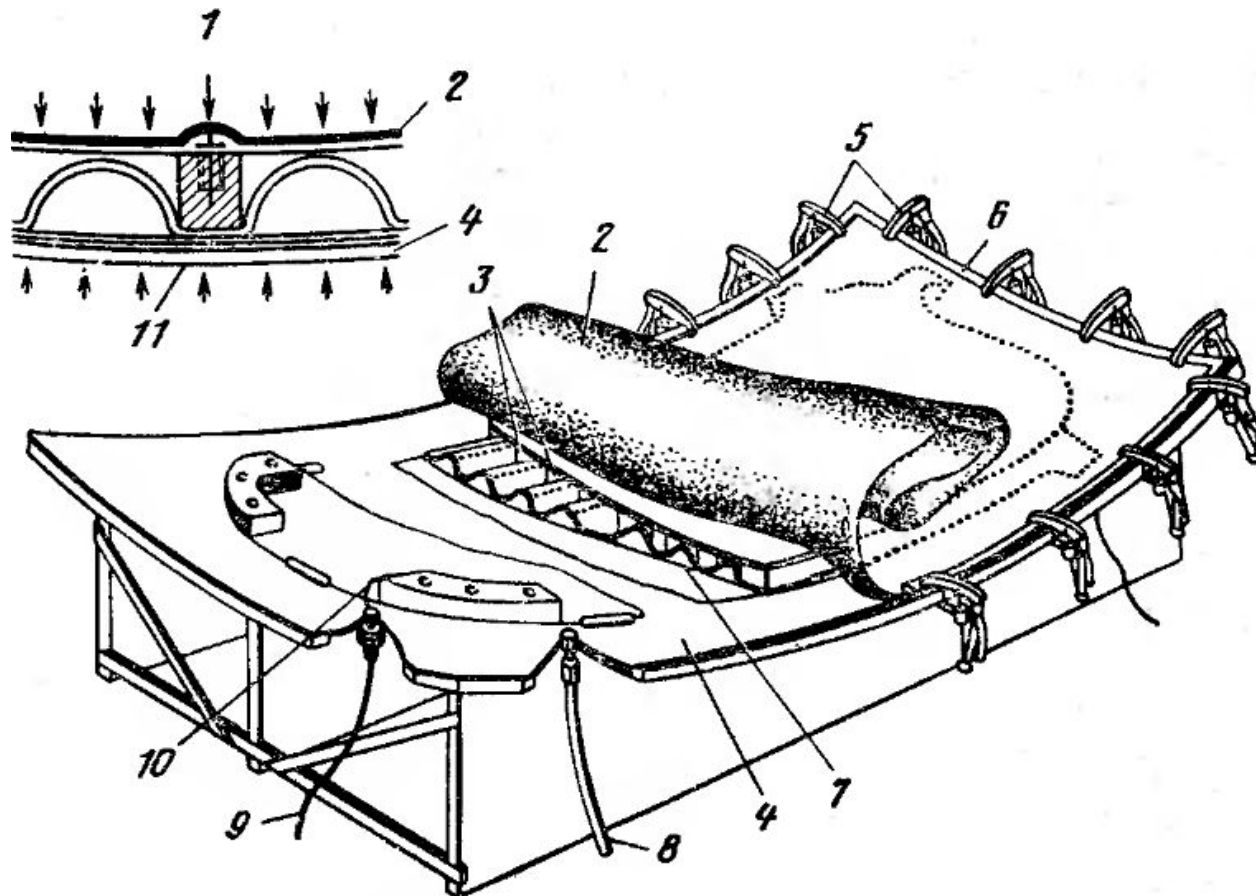
Основными показателями качества клеевого соединения являются прочность и отсутствие непроклеев при отверждении клея. Получение заданного качества обеспечивается строгим выполнением операций сборки и соблюдением технологических режимов склеивания, а именно давления и температуры в течение определенного времени.

Укрупненный ТП склеивания включает следующие операции:

- предварительная сборка и разборка узла (панели);
- подготовка поверхности деталей под склеивание;
- нанесение подслоя клея (грунтовки) и его термообработка;
- нанесение клея;
- открытая выдержка;
- сборка;
- отверждение клея;
- контроль качества склеивания.

Склейка изделий из листового материала и профилей

Сборка-склейка металлической панели, состоящей из обшивки и набора стрингеров, производится в СП, типовая конструкция которого приведена на рисунке.



1 – сжатый воздух; 2 – резиновая диафрагма; 3 – вакуумная полость; 4 – плита СП;

5 – зажим; 6 – окантовка; 7 – склеиваемые детали; 8 – вакуум-провод;

Склейка изделий из листового материала и профилей

Приспособление на специальной тележке закатывается в автоклав, где в дополнение к вакуумированию создаются для склеивания соответствующее давление и температура.

СП для склеивания дублированных обшивок не отличаются конструктивной сложностью и наличием средств механизации. Основная их функция – базирование обшивки, что достигается с помощью штифтов-фиксаторов и установки на склеиваемое изделие вакуумного мешка. Такие СП имеют каркасную конструкцию, облегчающую циркуляцию воздуха и быстрый нагрев без температурных напряжений.

Для склеивания панелей и узлов плоских и небольшой кривизны можно применять также пресс-формы и гидравлические прессы с обогреваемыми и охлаждаемыми плитами.

Мелкие узлы склеиваются в приспособлениях с различными прижимными устройствами, устанавливаемыми на ленточные конвейеры, которые вместе с приспособлениями пропускаются через печь или другие нагревательные установки.

Склеивание планера самолета



Склеивание конструкций с сотовым заполнителем

Конструкции с сотовым заполнителем отличаются высокой удельной прочностью, лучшими характеристиками по усталостной прочности, улучшенными аэродинамическими качествами, меньшим количеством деталей и меньшей трудоемкостью.

ТП сборки панели с сотовым заполнителем состоит из операций:

- изготовление сотового заполнителя, придание ему требуемых форм и размеров;
- подготовка обшивки, деталей каркаса и сот к склеиванию, нанесение клея, сборка и склеивание панели;
- контроль качества склеивания.

Металлические соты изготавливаются из фольги алюминиевых сплавов толщиной 0,03..0,15 мм. Толщина фольги, форма и размер ячейки определяются из условия обеспечения необходимой прочности и жесткости конструкции. В отечественной промышленности приняты сотовые заполнители шестигранной формы с размером сторон шестигранника 2,5; 4; 5 и 6 мм.

Склеивание конструкций с сотовым заполнителем

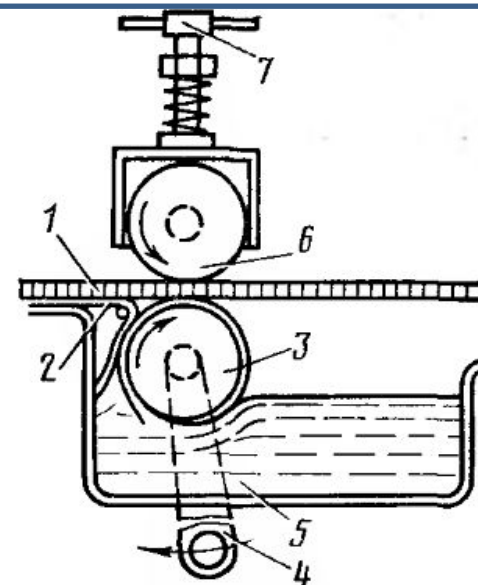
Существует два метода изготовления металлических сот: последовательным наращиванием предварительно профилированных лент и растяжением. Второй метод позволяет механизировать и автоматизировать производство сот, упростить их механическую обработку. Толщина нежесткой фольги – менее 0,08 мм.

Сотовые заполнители изготавливаются также из хлопчатобумажной и стеклянной тканей, бумаги, полиамидной бумаги, преимущественно методом растяжения пакетов с последующей пропиткой различными смолами. Достаточно широкое применение находят, в частности, сотовые заполнители «Номекс» (фирма «Дюпон») и ПСП-2, изготавливаемые на основе бумаги из ароматического полиамидного синтетического волокна, пропитанной теплостойкой фенольно-формальдегидной смолой. Они отличаются более высокой по сравнению с алюминиевыми сотами удельной прочностью и жесткостью, не горят при $t > 500^{\circ}\text{C}$, не подвержены коррозии.

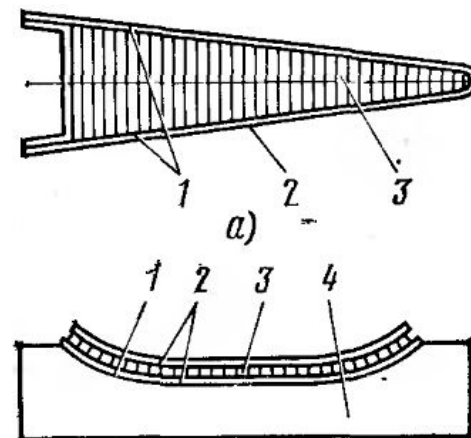
Склеивание конструкций с сотовым наполнителем

Заключительной подготовительной операцией является нанесение клея на контактные поверхности обшивок и сот, их подсушка или подготовка и нанесение клеевой пленки. Нанесение клея осуществляется на установке, схема которой приводится на рисунке.

1 – наполнитель; 2 – скрёбок; 3 – клеенаносящий ролик;
4 – рычаг; 5 – ванна с клеем; 6 – ролик для поджима;
7 – нажимное устройство



Клеевая пленка раскраивается по картам раскроя и прикатывается к поверхностям деталей и сот холодным или горячим роликом. Сборка и склеивание осуществляется в специальных СП. Базирование при этом выполняется по внешней поверхности сотового наполнителя, если наполнитель имеет ячейки небольших размеров и обладает достаточной жесткостью. СП с собранным в нем изделием помещают в печь или автоклав, где

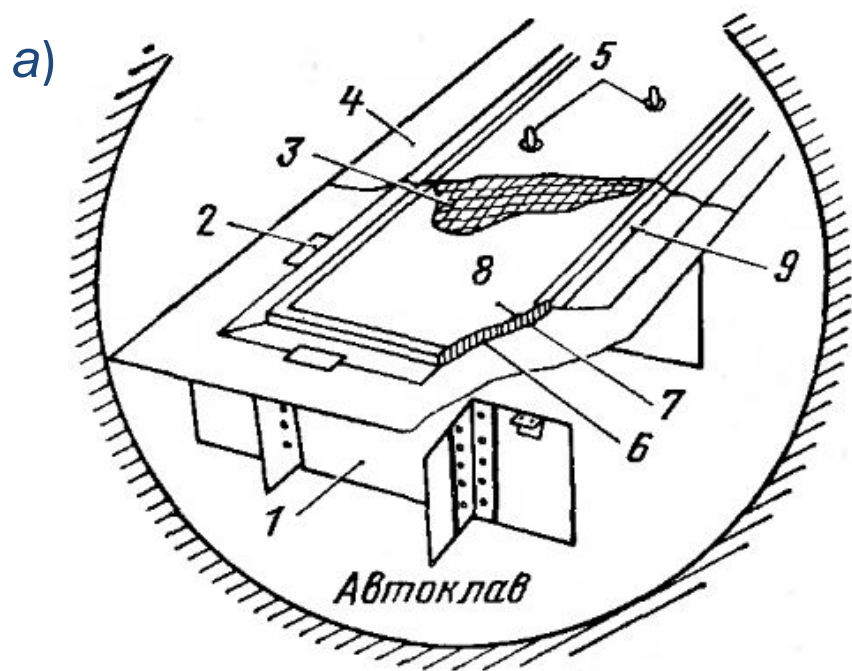


Способы базирования:

а – по наполнителю; б – по обшивке;
1 – базовые детали; 2 – обшивка; 3 – сотовый наполнитель; 4 – болванка

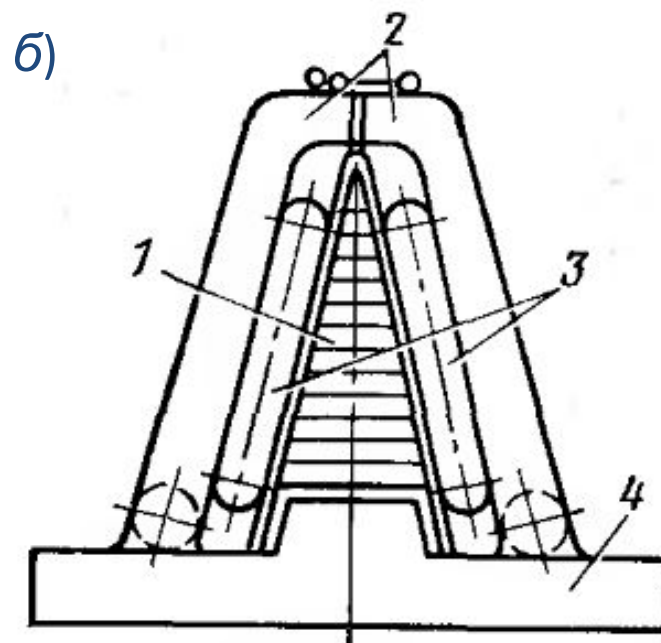
Склеивание конструкций с сотовым наполнителем

На рисунке а приводится схема процесса склеивания крупногабаритной панели в автоклаве, а на рисунке б — схема приспособления для сборки хвостовых частей оперения с базированием по поверхности заполнителя.



1 – каркас СП; 2 – упоры; 3 – разреженная стеклоткань для дренажирования;
4 – воздухонепроницаемый чехол; 5 – штуцер для вакуумирования; 6 – нижняя обшивка;

7 – сотовый наполнитель; 8 – верхняя

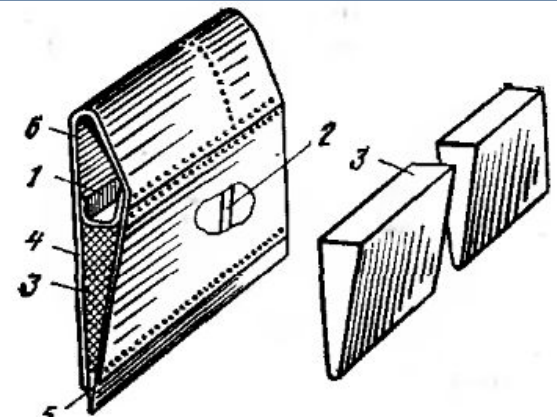


1 – склеиваемый узел; 2 – плита СП;
3 – пневмомешки; 4 – основание СП

Изготовление конструкций с наполнителем из пенопласта

При использовании в качестве наполнителей пенопластов возможен один из следующих методов изготовления узлов панелей и отсеков: прессовый, беспрессовый и комбинированный.

На рисунке приведена типовая конструкция узла, с пенопластовым наполнителем.

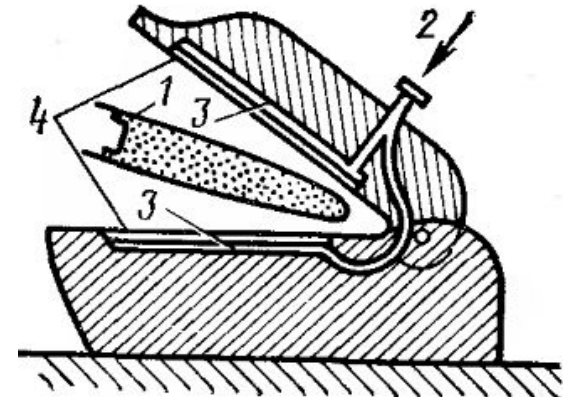


1 – лонжерон; 2 – нервюра;
3 – пенопластовый наполнитель;
4 – обшивка; 5 – законцовка; 6 –
носик

При **прессовом** методе ТП осуществляется в следующей последовательности: сборка каркаса; установка пенопласта между элементами каркаса (нервюрами, лонжеронами и т. д.) и их склеивание; обработка пенопласта с пригонкой под склейку обшивки; подготовка пенопласта и обшивок к склеиванию; склеивание их в приспособлении под определенным внешним давлением прессования.

Изготовление конструкций с наполнителем из пенопласта

Пенопласт склеивается с металлическими каркасными элементами и обшивками клеем. На рисунке приведено приспособление для склеивания хвостовой части рулей и элеронов.



1 – склеиваемый узел; 2 – подача сжатого воздуха; 3 – полости для сжатого воздуха; 4 – фольга-мембрана

При **беспрессовом** методе легкий наполнитель образуется в полости изделия при термической обработке исходного полуфабриката. ТП здесь упрощается; после сборки и подготовки изделие заполняется полуфабрикатом и подвергается термообработке. По достижении определенной температуры полуфабрикат вспенивается в результате химической реакции между компонентами исходной композиции. При этом развивается давление $3..5 \cdot 10^5$ Па, достаточное для надежного заполнения изделий и склеивания с обшивками и каркасными элементами. Таким образом, отпадает необходимость во внешнем давлении.

Изготовление конструкций с наполнителем из пенопласта

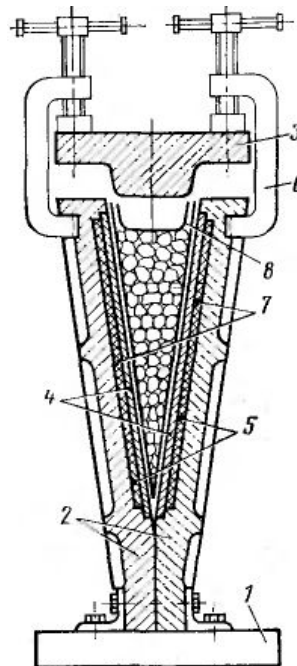
После вспенивания наполнитель приобретает пенистую структуру с замкнутыми ячейками и объемной массой $\gamma = 0,015 \dots 0,20 \text{ г/см}^3$.

На рисунке а приведена схема ограничительного приспособления для заполнения хвостового отсека руля самовспенивающимся наполнителем.

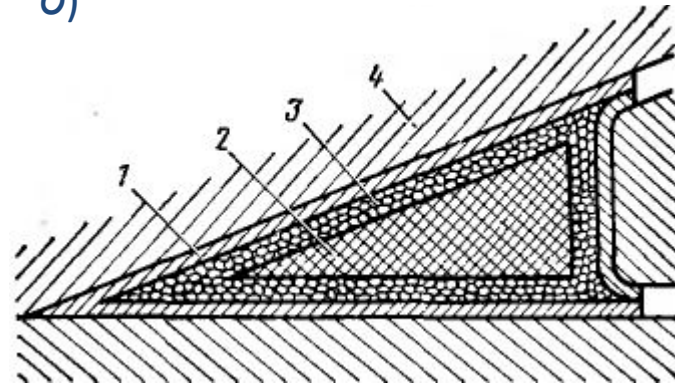
Для уменьшения усадки наполнителя в исходную композицию вводят спецдобавки или в полость вводят вкладыш из пенопласта

(б)
а)

- 1 – основание;
- 2 – стенка;
- 3 – крышка;
- 4 – плита;
- 5 – нагревательные элементы;
- 6 – трубки;
- 7 – прокладка из асбеста;
- 8 – каркас хвостовой части



б)



- 1 – изделие;
- 2 – вкладыш из готового пенопласта;
- 3 – исходных п/фабрикат пенопласта типа ФК;
- 4 – ограничительное приспособление

Комбинированные соединения

Наряду с клеевыми в авиастроении применяются **комбинированные** соединения: клеесварные, клееклепанные, клееболтовые, которые, успешно сочетая многие положительные качества тех и других, повышают прочность и эксплуатационные характеристики конструкций.

Клеесварные соединения выполняются одним из двух способов:

- точечной сваркой по слою жидкого или пастообразного клея;
- введением клея в зазоры между сваренными поверхностями.

Клеезаклепочные, клееболтовые соединения делают двумя способами:

- установкой заклепок/болтов по ранее выполненному клеевому соединению;
- установкой заклепок/болтов по незатвердевшему клею с последующим его отверждением.

Комбинированные соединения отличаются герметичностью, антикоррозийной стойкостью, высокой усталостной и ударной прочностью, надежностью при длительной эксплуатации.

Изготовление лопасти вертолета

Клеевые соединения деталей из металла и КМ приобретают все возрастающее значение в производстве вертолетов. Наиболее широкое применение находят клеевые соединения в конструкции несущих и рулевых лопастей, панелей фюзеляжа.

ТП сборки лопасти вертолета включает стапельные и внестапельные работы, содержание которых дано в таблице.

№	Содержание операции	Оборудование, оснастка,
1	Изготовление хвостовых отсеков лопасти	СП для склеивания хвостовых отсеков
2	Сборка и склеивание противообледенительной системы лопасти	Спецприспо
3	Предварительная сборка: установка лонжерона в стапель, комплектование и установка хвостовых отсеков	Стапель сборки лопасти
4	Демонтаж хвостовых отсеков, доработка для обеспечения необходимого зазора	
5	Обезжиривание склеиваемых поверхностей	Установка для

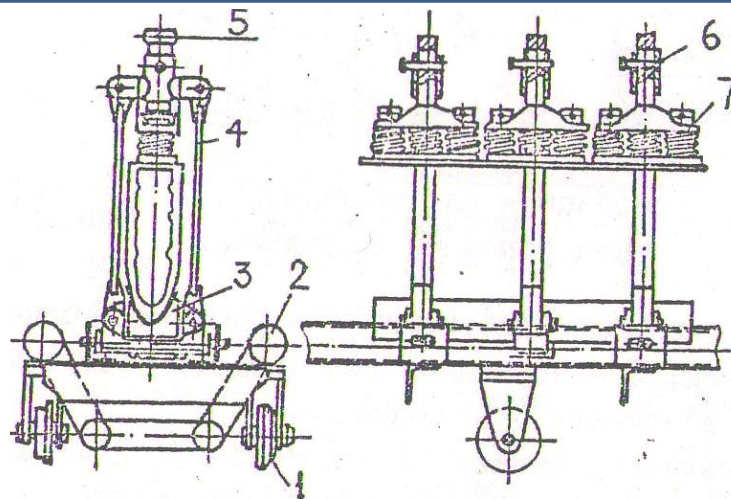
Изготовление лопасти вертолета

№	Содержание операции	Оборудование, оснастка
6	Установка хвостовых отсеков на лонжерон с прокладкой клеевой пленки	Стапель сборки лопасти
7	Подготовка лопасти к термостатированию: установка рубильников и прижимов стапеля	Стапель сборки лопасти
8	Склеивание лопасти по заданным режимам, охлаждение	Стапель сборки лопасти, автомат регулирования температуры
9	Демонтаж стапеля, выемка лопасти	
10	Контроль качества склейки	ИАД-2
11	Испытание образцов-свидетелей	Разрывная машина
12	Контроль геометрических параметров, точности обвода, геометрической крутки лопасти	Шаблон ШКС, СП контроля закрутки
13	Внестапельные работы: установка балансировочных бобышек, обтекателей	
14	Контроль электрической противообледенительной системы	Спецприспо
15	Нанесение лакокрасочного покрытия,	Окрасочное оборудование

Изготовление лопасти вертолета

Рассмотрим приспособления, применяемые в ТП изготовления лопасти вертолета. Интересным с конструктивной точки зрения является СП для склеивания металлической оковки с нагревательным элементом к лонжерону лопасти. Основным элементом СП, передающим давление для склеивания, является ложемент.

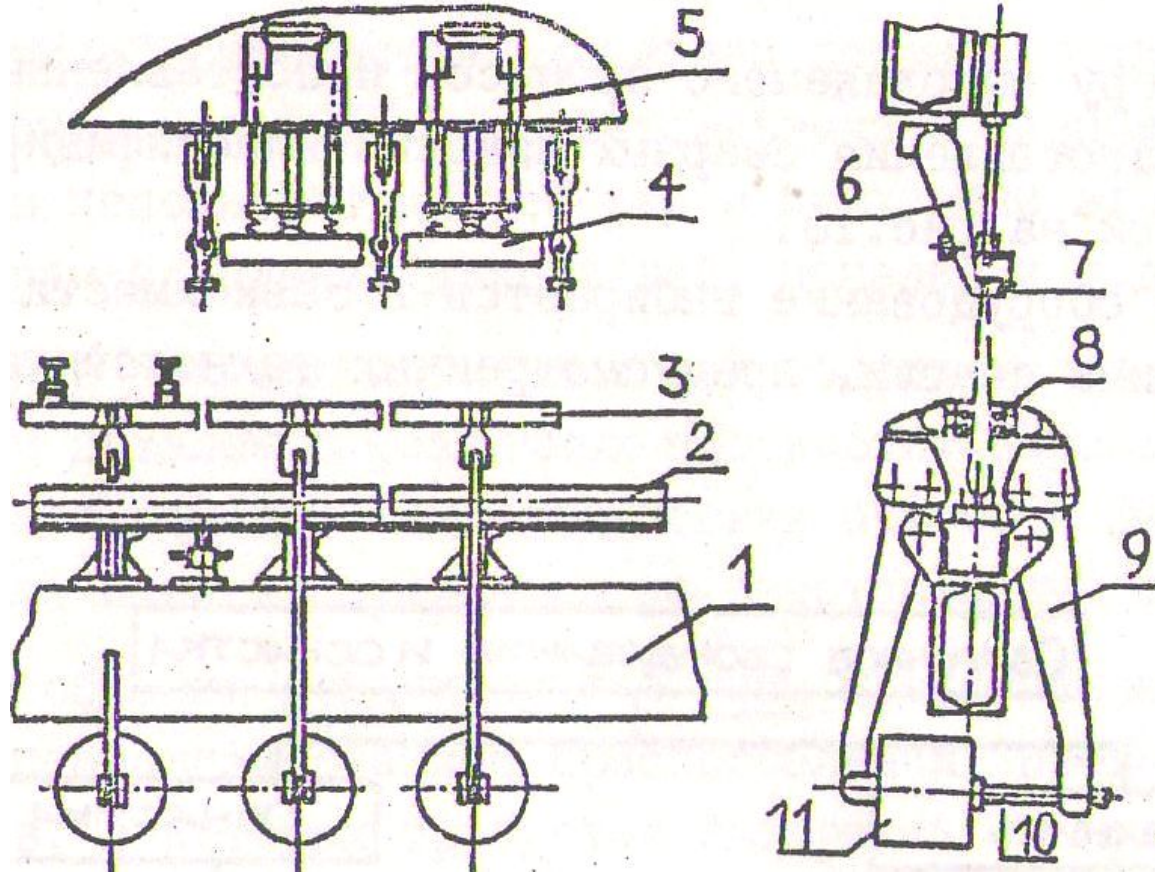
- 1 – колесо; 2 – рама;
- 3 – ложемент; 4 – тяга;
- 5 – упор; 6 – фиксатор;
- 7 – пружинная колодка



Для обеспечения полного обжатия по зоне склеивания ложемент разрезан на две половинки с определенным зазором. Для компенсации температурного расширения лонжерона ложемент выполнен в виде ряда секций, не скрепленных между собой. Секции ставятся на сварном трубчатом каркасе и фиксируются по продольным пазам с помощью штифтов. Усилие запрессовки на лонжерон создается пружинными колодками через тяги.

Изготовление лопасти вертолета

Склеивание хвостовых отсеков с лонжероном лопасти производится в специальном стапеле. Хвостовые отсеки приклеиваются к лонжерону по трем поверхностям, поэтому важно обеспечить прочность клеевого соединения, выдержать контур, геометрическую закрутку и зазоры между отсеками.



1 – основание; 2 – ложемент; 3 – боковой прижим; 4 – верхний прижим; 5 – цилиндр; 6 – упор; 7 – прижим; 8 – обогрев; 9 – рычаг; 10 – шток; 11 – цилиндр

Изготовление лопасти вертолета

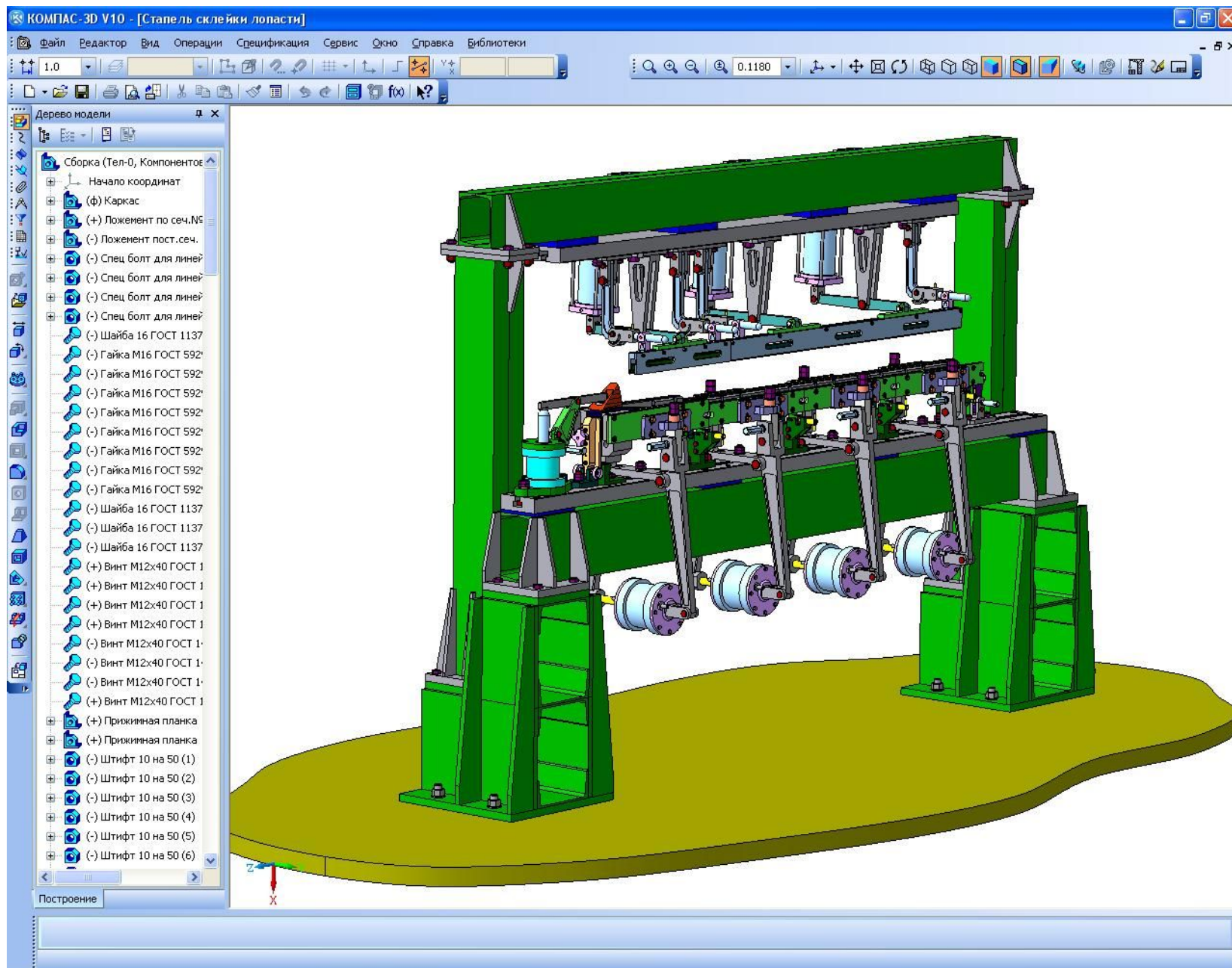
Стапель состоит из нормализованных блоков основания, на которые установлен несущий каркас сварной коробчатой конструкции.

Нижняя балка каркаса несет на себе ложемент, соединенный с ней с помощью кронштейнов. Ложемент воспроизводит контур носка лопасти. Для обеспечения нормального перемещения лонжерона при нагреве (при длине лопасти 10,5 м удлинение составляет 28 мм) ложемент выполнен разрезным на ряд секций, которые имеют возможность перемещения. В стапеле установлен узел фиксации наконечника лопасти, который в процессе нагрева освобождается в продольном направлении.

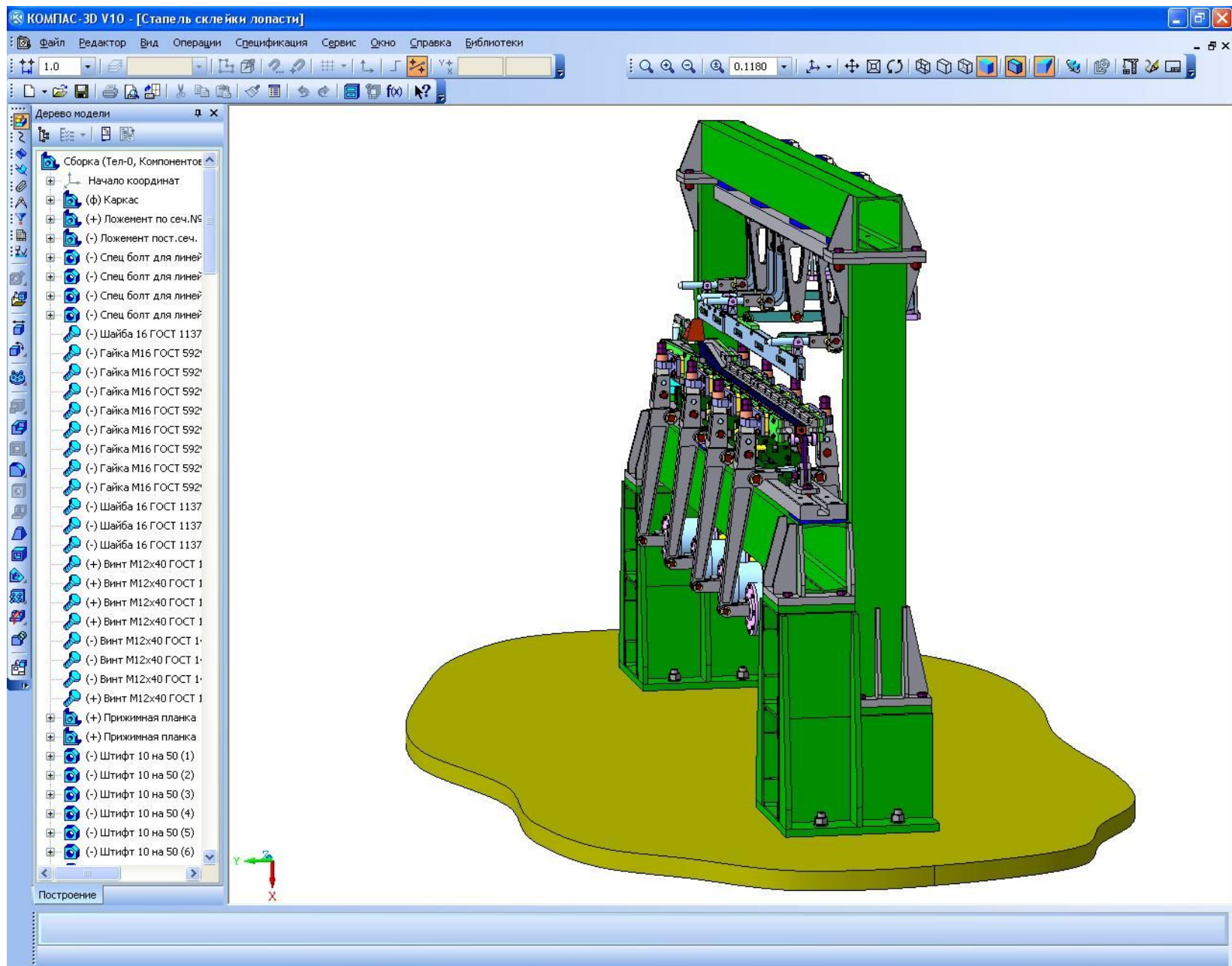
Давление создается боковыми прижимами от пневмоцилиндров через рычаги. Давление для склеивания сотового заполнителя хвостового отсека с задней стенкой лонжерона создается верхними прижимами, работающими от пневмоцилиндров, установленных на верхней балке.

Нагрев при склеивании выполняется ТЭНами, установленными в боковых колодках прижимов. Верхние и боковые колодки также могут продольно перемещаться при температурном расширении ложементов.

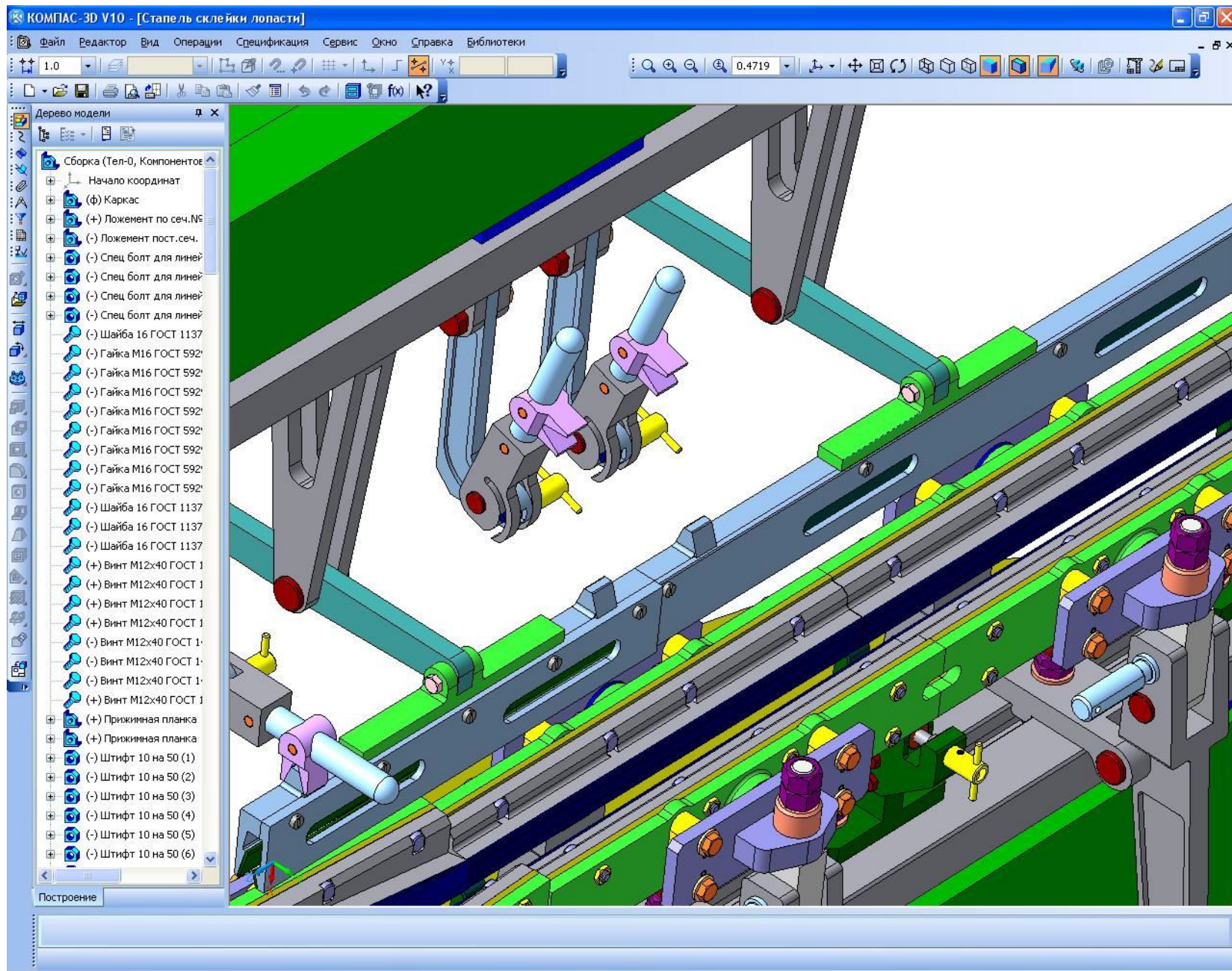
Стапель склейки лопасти



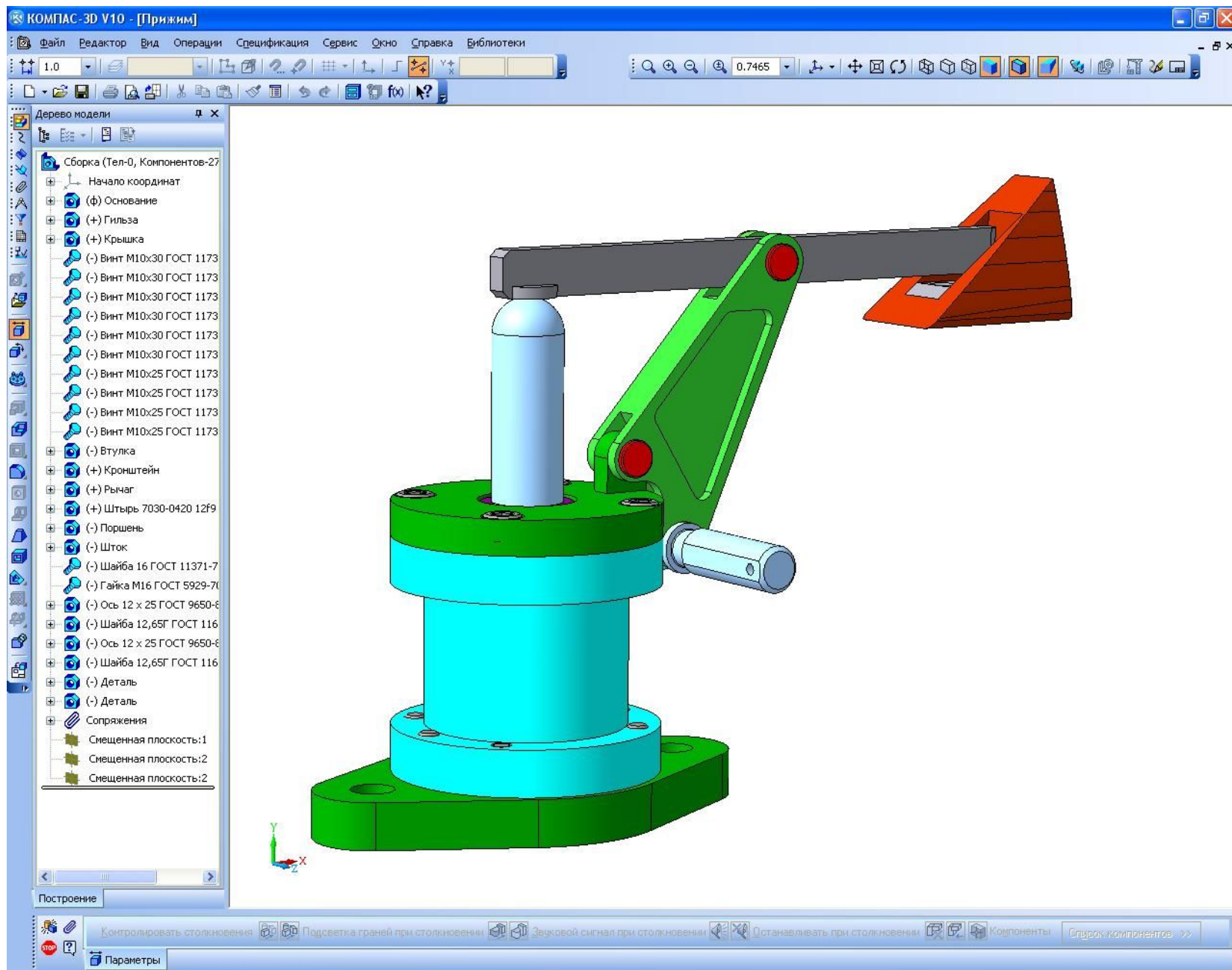
Стапель склейки лопасти



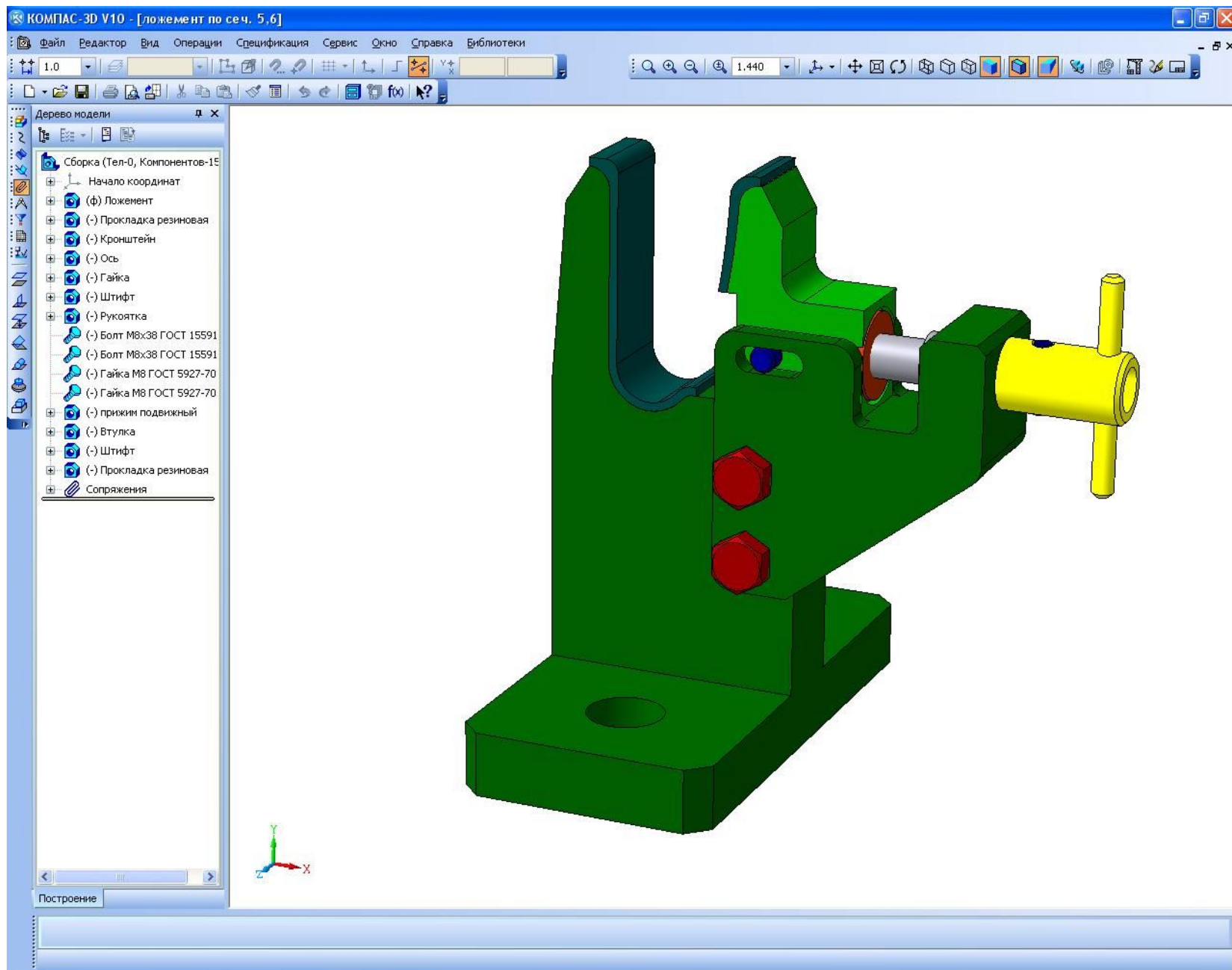
Стапель склейки лопасти



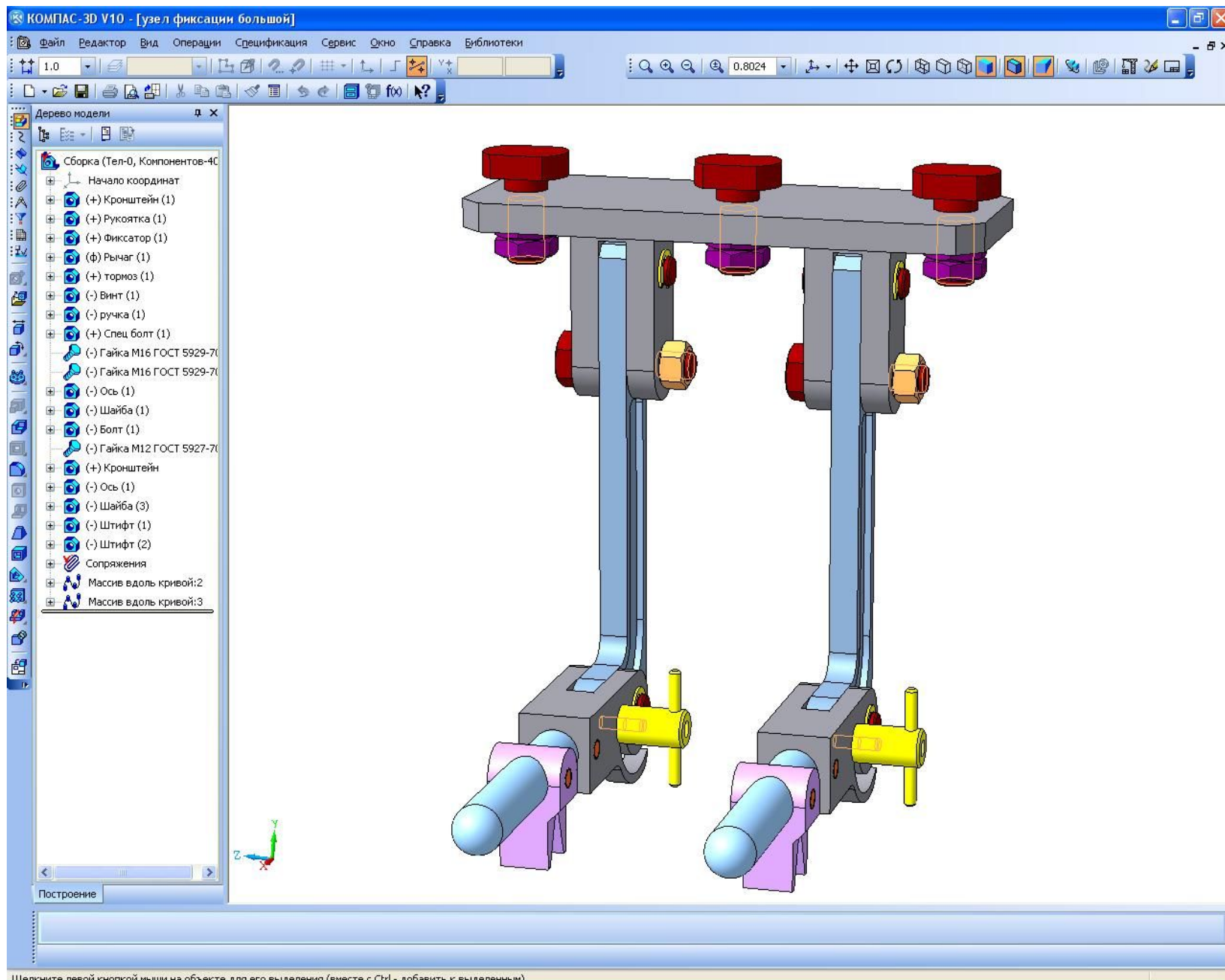
Стапель склейки лопасти



Стапель склейки лопасти



Стапель склейки лопасти





СП для сборки сварных и паяных конструкций

Сварка и пайка

Среди технологических процессов, широко применяемых в авиационном производстве, видное место занимают **сварка и пайка**.

Сварка и пайка позволяют создавать *принципиально новые, высокоэкономичные* конструкции, наиболее рациональные по форме и размерам. По характеристикам сварные конструкции мало отличаются от монолитных, однако они обладают наиболее высокой весовой отдачей и максимальным коэффициентом использования материала. К числу важных преимуществ сварных конструкций следует отнести также высокую прочность и герметичность соединений, высокую производительность, широкую возможность механизации и автоматизации.

В конструкциях самолетов и вертолетов сваркой соединяют детали с толщиной стенок 0,3...35 мм. Сварными изготавливаются шасси, баки, каркасы фонарей, баллоны различного назначения, панели фюзеляжа, крыла, оперения, створки люков и т. д.

Сварка и пайка

При проектировании конструкций необходимо учитывать влияние сварки на исходные свойства основного материала. Механические свойства материала при сварке, как правило, снижаются. В сварных конструкциях возникают остаточные напряжения и деформации, которые могут сказываться на точности изготавливаемого изделия. Из-за неоднородности свойств основного металла и металла шва создаются концентраторы напряжений.

Каждый из способов сварки может выполняться вручную или автоматически. Они значительно отличаются по технологическому процессу и требуют специфического оборудования и приспособлений. Их особенности важно знать конструктору для учета требований к сварной конструкции.

В авиастроении применяются следующие способы сварки: дуговая; под флюсом; газовая; плазменная; электронно-лучевая и лазерная.

Сборочно-сварочные СП

Использование сборочно-сварочных СП в ТП предусматривает решение *целого ряда* различных вопросов, основные из которых:

- получение заданных размеров сварных узлов и достижение их взаимозаменяемости;
- упрощение технологии сварки и снижение трудоемкости сборочно-сварочных работ;
- предотвращение или уменьшение деформации сварных изделий.

Рассмотрим основные типовые группы приспособлений и оснастки, используемой в сварочном производстве ЛА.

Сборочные стенды представляют собой конструктивно раму (обычно горизонтальную) с фиксирующими и прижимными элементами. В зависимости от типа производства и степени оснащённости ТП стенды могут быть универсальными и специализированными. Такие стенды используют для сборки и прихватки шасси самолетов, рам крепления двигателей, панелей и т.п.

Сборочно-сварочные СП

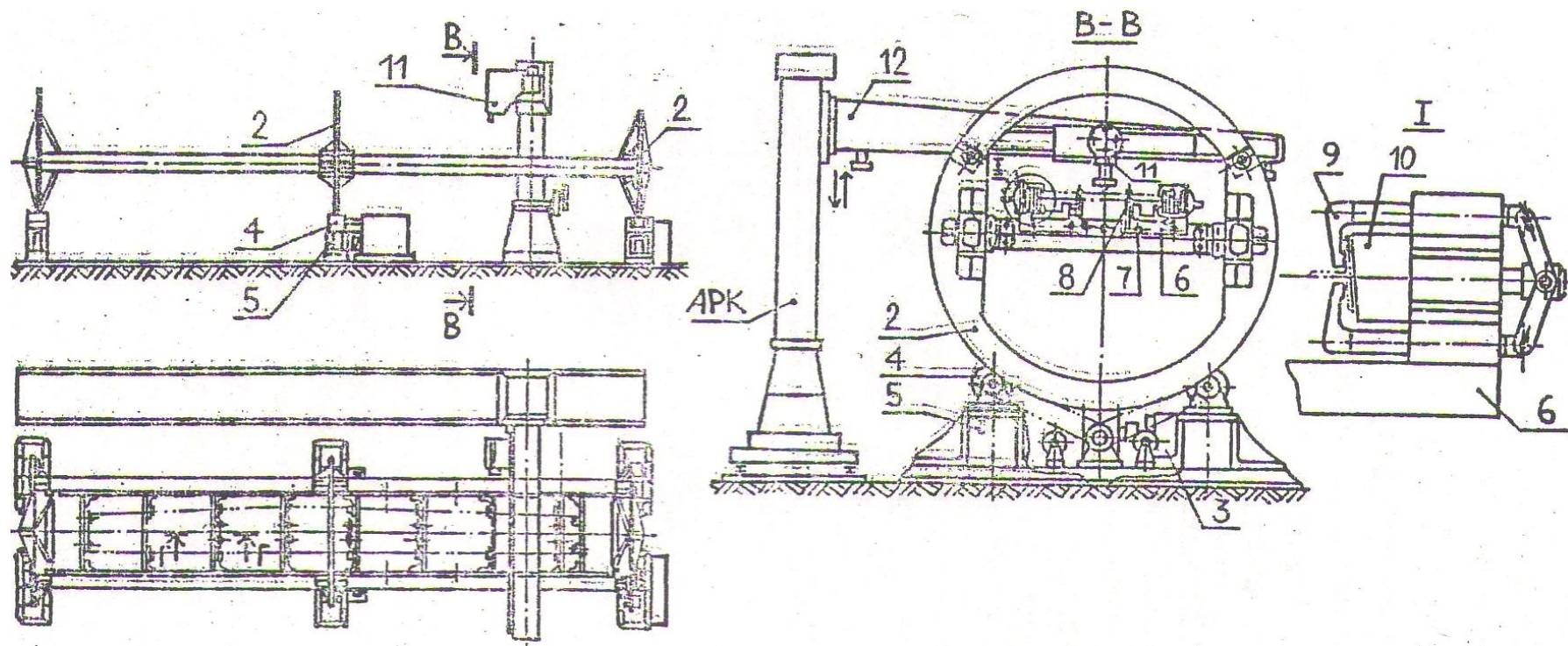
Сборочные стапеля применяют для сборки узлов с фиксированием и креплением деталей в различных плоскостях. Крепление деталей производится с помощью технологических болтов и фиксаторов, после чего узел или панель передается на внестапельную сборку.

Приспособления кондукторного типа представляют собой жесткие и прочные специализированные СП, предназначенные для сборки узлов, в которых требуется выдержать с определенной точностью размеры. При использовании таких СП постоянная проверка заданных по чертежу размеров не требуется. Эти размеры обеспечиваются специальным расположением фиксаторов и надежным закреплением узла в СП. Эти приспособления применяются для сборки небольших по размерам узлов из механически обработанных деталей.

Комбинированные сборочно-сварочные приспособления позволяют производить сборку и сварку в одном СП, минуя операцию прихватки.

Типовые сборочно-сварочные СП

Рассмотрим несколько типовых компоновок для сборки-сварки. На рисунке показано специализированное переналаживаемое СП, позволяющее выполнять сборку-сварку группы лонжеронов, нервюр, балок разного типоразмера.



1 – каркас; 2 – диски; 3 – механизм поворота; 4 – приводные ролики; 5 – основание;

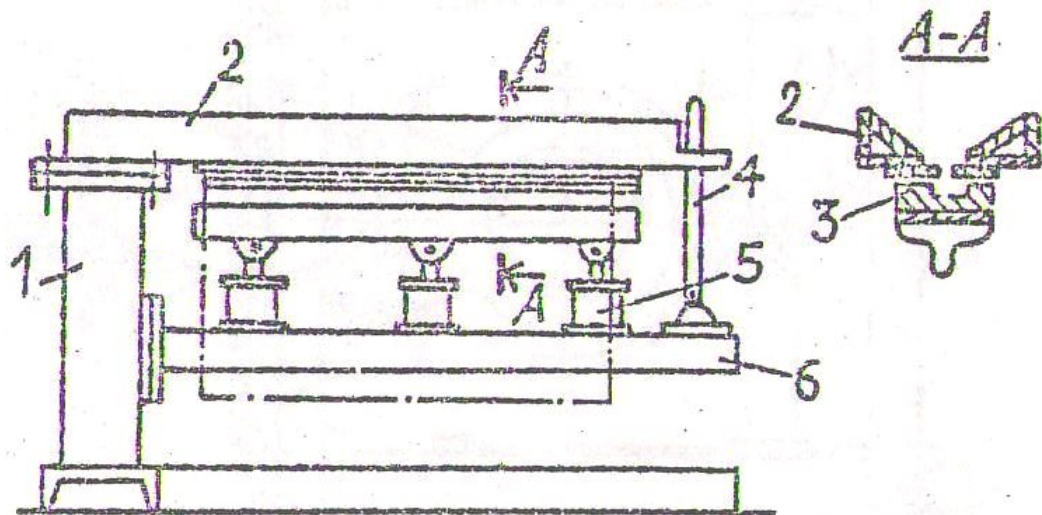
6 – сменные наладки; 7 – фиксаторы; 8 – опоры базовых отверстий; 9 – гидрозажимы; 10 – опоры; 11 – сварочная головка; 12 – консоль сварочного

Типовые сборочно-сварочные СП

СП состоит из каркаса 1 рамной конструкции. Рама установлена на диски 2. Рама с дисками может вращаться относительно основания 5 с помощью приводных роликов 4 от механизма поворота 3. На раме 1 установлены сменные наладки 6 с фиксаторами 7, гидрозажимами 9 и опорами базовых отверстий 8, на которые устанавливают стенку изделия (лонжерона). На накладках имеются опоры 10, рабочий контур которых выполнен по наружному контуру каркаса. Сварочная головка 11 установлена на консоли 12 автомата АРК-2 и может перемещаться по трем координатам.

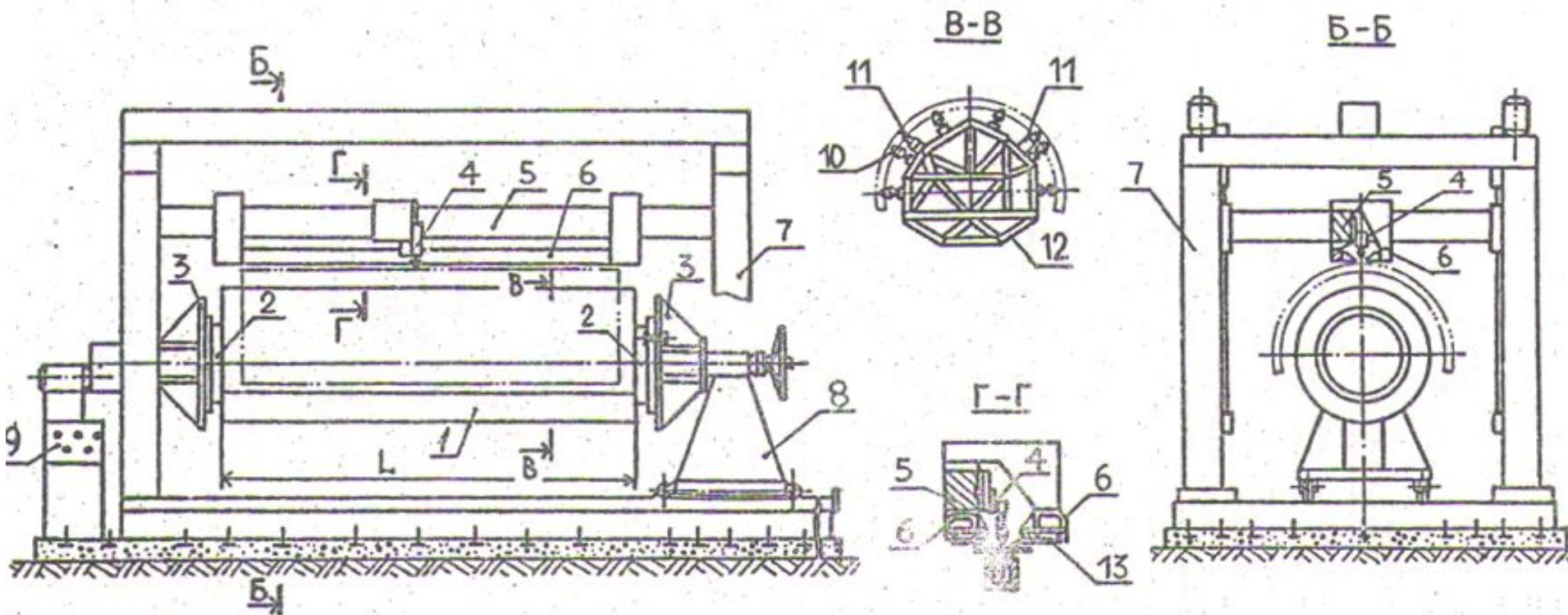
Для сварки прямолинейных швов на секциях применяют стелы консольного типа с пневмоподжимом подкладки.

На рисунке приведена схема стелы консольного типа с пневмоподжимом подкладки для сварки продольных швов обечайки.



Типовые сборочно-сварочные СП

На следующем рисунке представлено СП для сборки-сварки дуговой электросваркой продольных швов секций панелей фюзеляжа.



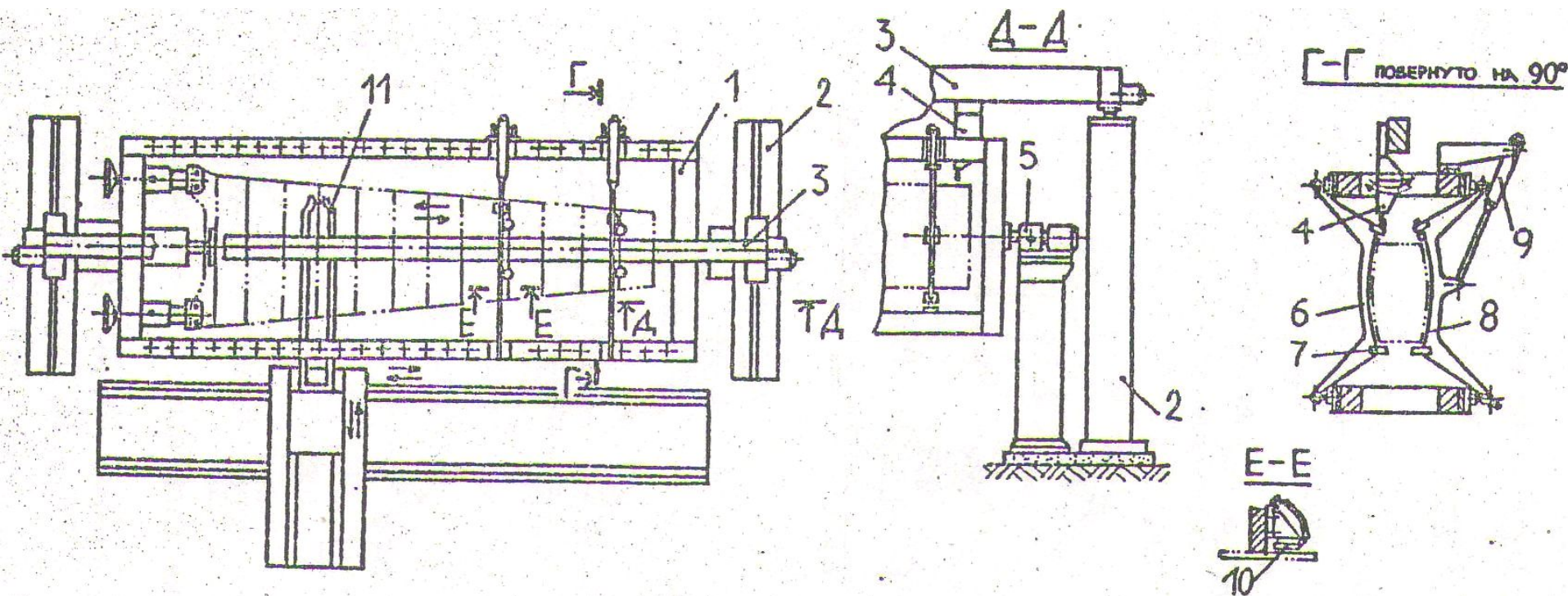
- 1 – приспособление-спутник; 2 – фланцы; 3 – планшайбы; 4 – сварочная головка;
5 – балка; 6 – прижимная балка; 7 – эстакада; 8 – задняя бабка; 9 – передняя бабка;
10 – кронштейны КФО; 11 – опорные балки; 12 – ферма; 13 – зажимы

Типовые сборочно-сварочные СП

Приспособление для сборки-сварки представляет из себя приспособление-спутник 1. Данная конструкция спутника 1 выполнена в виде фермы 12, на которой смонтированы кронштейны КФО 10 и опорные балки 11. Приспособление-спутник с помощью фланцев 2 крепится к планшайбам 3 передней 9 и задней 8 бабок станда. Задняя бабка подвижная и перемещается по рельсовому пути, этим обеспечивается настройка на длину собираемого изделия. На эстакаде 7 установлена балка 5, несущая прижимные балки 6 с прижимами 13 и сварочную головку 4. Перед сваркой производят сжатие свариваемого пакета. Профиль прижимается к опорной балке 11, а панели к профилю зажимами 13.

Типовые сборочно-сварочные СП

При сварке крупногабаритных отсеков используется несколько видов сварки. На рисунке изображено СП для сборки, контактной и электродуговой сварки кессона крыла.



1 – рама; 2 – эстакада; 3 – катучая балка; 4 – сварочная головка;
5 – подшипник вращения; 6, 8 – рубильники; 7 – упор; 9 – пневмоцилиндр подъема-опускания рубильников; 10 – вакуумная присоска; 11 – сварочные клещи

Типовые сборочно-сварочные СП

Приспособление представляет собой раму 1, на которой установлены рубильники 6, 8. На рубильниках закреплены упоры 7 и вакуумные присоски 10. Рама закреплена в подшипниках 5 и имеет возможность вращения. Рубильники поднимаются и опускаются с помощью пневмоцилиндров 9.

Приспособление оснащено сварочными клещами 11 для точечной электросварки и головкой 4 – для дуговой сварки.

Сварочные клещи имеют возможность продольного и поперечного перемещения. Сварочная головка перемещается по катучей балке 3, которая смонтирована на эстакаде 2.

Сборку и сварку панелей и стенок кессона производят в приспособлении в два этапа: 1-й этап – сварка ТЭС полунервюр; 2-й этап – сварка стенок понжеронов.

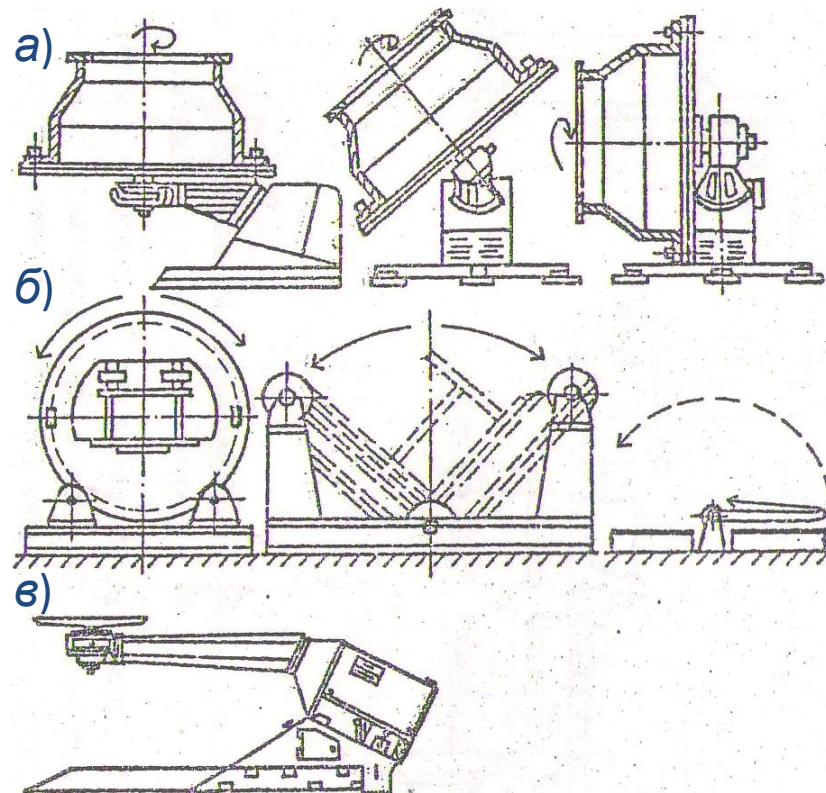
Вспомогательное оборудование при сварке

Процесс сварки требует перемещения изделия относительно сварочной головки или наоборот. Поэтому важным компонентом сборочно-сварочных компоновок является наличие вспомогательного оборудования для перемещения изделия или оборудования. На рисунке приведены некоторые схемы вспомогательного оборудования, используемого в типовых компоновках.

Сварочные позиционеры (а) используются для закрепления и поворота заготовок в удобное для сварки положение.

Сварочные кантователи (б) применяются для вращения изделия вокруг постоянной оси со скоростью сварки.

Манипуляторы (в) обеспечивают вращение изделия при сборке и сварке с различными углами наклона оси вращения.





Спасибо за внимание!!!