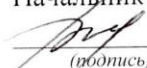
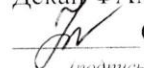


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»


Работа выполнена в СКБ «Авиастроение»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС
 Е.М. Димитриади
(подпись)
« 01 » ноября 2023 г.

Декаан ФАМТ
 О.А. Красильникова
(подпись)
« 01 » ноября 2023 г.

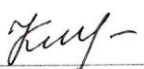
УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
 А.В. Космынин
(подпись)
« 24 » сентября 2024 г.

«Технологические процессы клепки авиационных конструкций»

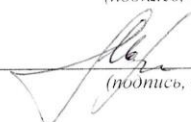
Комплект проектной документации

Руководитель СКБ
Авиастроение


(подпись, дата)

Ю.Б. Колошенко

Руководитель проекта


(подпись, дата)

С.Б. Марьин

Комсомольск-на-Амуре 2024

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ЗАДАНИЕ
на разработку

Название проекта: Технологические процессы клепки авиационных конструкций.

Назначение: Подбор технологического оборудования

Область использования: В рамках производственного процесса.

Функциональное описание проекта: Подбор технологического оборудования для образования заклепочных соединений при сборке багажной двери самолета МС-21

Техническое описание устройства: Клепальный автомат Lynx DUO C-Type

Требования: Обоснованный выбор технологического оборудования для образования заклепочных соединений при сборке багажной двери самолета МС-21

План работ:

Наименование работ	Срок
Анализ отечественного и импортного оборудования для автоматической клепки	Ноябрь-Декабрь 2023
Оформление отчета	Январь 2024

Руководитель проекта

(подпись, дата)

С.Б. Марьин

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

ПАСПОРТ
«Технологические процессы клепки авиационных конструкций»

Руководитель проекта

(подпись, дата)

С.Б. Марьин

Комсомольск-на-Амуре 2024

Содержание

1 Анализ отечественного и импортного оборудования для автоматической клепки.....	6
--	---

					СКБ Авиастроение.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		5

1 Анализ отечественного и импортного оборудования для автоматической клепки

Разработка автоматического технологического оборудования для выполнения клепально-сборочных работ на предприятиях авиационной промышленности в СССР проводилась с 1960-х годов. К началу 1990-х годов была разработана группа клепальных автоматов, установок и поддерживающих устройств к ним. Для управления механизмами использовались системы ЧПУ. В зависимости от модели технологическое оборудование позволяло выполнять клепальные работы при сборке различных сборочных единиц, от простых узлов в виде сборных нервюр и лонжеронов, до длинномерных панелей с различной кривизной, крупногабаритных секций и отсеков.

До начала 2000-х годов авиастроительные предприятия РФ для выполнения клепальных работ при сборке узлов, панелей и агрегатов использовали отечественное оборудование. В начале 2000-х годов при техническом перевооружении предприятий авиационной промышленности, они стали оснащаться зарубежным технологическим оборудованием.

В настоящее время в авиастроительной отрасли клепка в основном производится с использованием клепальных автоматов. Основными производителями автоматов являются фирмы *Brotje Automation* (Германия) и *Gemcor* (США). Клепальные автоматы в автоматическом режиме позиционируют сборочную единицу, устанавливают крепежные элементы различных типов (как правило, заклепки или болт-заклепки) и применяют самые современные измерительные и управляющие системы. Автоматически выполняется сжатие пакета, образование отверстия, вставка крепежных элементов, образование замыкающего элемента. Дополнительно могут выполняться зачистка выступающих частей заклепок, нанесение герметика в отверстие, измерение размеров отверстия, зенкование и пр.

					СКБ Авиастроение. 1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		6

Продолжительность выполнения одного соединения не превышает 10 с. Обеспечивается точность позиционирования рабочих органов автомата и составных частей конструкции не грубее $\pm 0,2$ мм. Отклонение от перпендикулярности режущего инструмента относительно касательной к поверхности – не более 30 мин. Как правило, работа этих автоматов построена на полностью электрифицированной платформе. Область применения: панели, секции, отсеки и целые агрегаты (фюзеляж, крыло, гондолы двигателей и воздухозаборников). Кривизна панелей – одинарная или двойная.

Используется характерный подход в изготовлении таких автоматов: исполнитель включает в базовую комплектацию автомата самые необходимые комплектующие. Остальное идет в опции. При этом, даже не заказывая опций, заказчик получает многофункциональное надежное высокопроизводительное ультрасовременное оборудование, обеспечивающее стабильное качество продукции.

Современные клепальные автоматы могут оснащаться:

- автоматическими системами подачи крепежных элементов и смены режущего инструмента;
- бесконтактными датчиками и устройствами отслеживания процесса выполнения соединения;
- технологией активной защиты склепываемых панелей от повреждений в процессе клепки;
- многофункциональными головками (верхней и нижней) для выполнения всех основных операций техпроцесса выполнения соединения;
- автоматической, полуавтоматической или ручной системой позиционирования элемента конструкции планера в процессе выполнения соединений;
- устройствами измерения толщины пакета и геометрических параметров крепежных элементов;
- устройствами отсоса стружки и пыли из места соединения;

					СКБ Авиастроение. 1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		7

- датчиками точного позиционирования;
- таймерами цикла выполнения соединения;
- датчиками отсутствия режущего инструмента или его неисправности;
- датчиками отсутствия крепежного элемента;
- системами охлаждения режущего инструмента;
- системами автоматического протоколирования выполняемого процесса с возможностью передачи информации по сети, записи на автономные носители или печати на подключаемом принтере;
- системами цветного телевидения, позволяющими оператору видеть зоны выполнения работ;
- системами бесперебойного стабилизированного электропитания и защиты при отключении и неполадках в системах электропитания.

Мировым лидером в области производства клепальных автоматов для авиакосмической отрасли является североамериканская корпорация Gemcor.

Основанная в 1937 году компания в начале 1940-х годов первой в мире разработала процесс автоматической клепки, получивший название Drivmatic Riveteres. Во всем мире известна серия универсальных клепальных прессов, начиная с портативного G100B, и заканчивая стационарными прессами G200BHX, G300BDH, G900BCHV.

Наряду с универсальными клепальными прессами разработаны специализированные интегрированные автоматические клепальные системы для клепки панелей и узлов самолета. Оборудование работает под управлением ЧПУ.

Автоматы модели G86 оборудованы системой 5-осевого позиционирования ЧПУ, обеспечивают быстрое перемещение инструмента, повышенную точность позиционирования, имеют улучшенную повторяемость цикла. Эти машины имеют модульную структуру и позволяют комплектовать различные рабочие конфигурации, включающие поворотные устройства, лазерные системы, телевизионные камеры и пр.

					СКБ Авиастроение. 1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		8

Автоматы Gemcor, как правило, комплектуются системой подачи заклепок канадской фирмы Orienttch Inc. Такие системы обеспечивают возможность подачи заклепок различных типоразмеров из нескольких контейнеров (от 4 до 40шт., в зависимости от числа типоразмеров заклепок) по падающим каналам.

Установки модели G86 в зависимости от кривизны панели производятся в двух компоновочных вариантах:

- установка для автоматической сборки панелей фюзеляжа (модель GEMCOR 5013TTX-128/G86);
- установка для автоматической сборки панелей крыла.

Установка GEMCOR 5013 TTX-128/G86 представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Установка GEMCOR 5013 TTX-128/G86

Gemcor GB6/2000 (см. рисунок 2) – это клепальный автомат, оборудованный системой 7-осевого позиционирования ЧПУ, позволяющий производить в автоматическом режиме все операции технологического цикла образования заклепочного соединения, такие как сжатие склепываемого пакета, сверление (зенкование) отверстий, впрыскивание грунта или герметика в от-

					СКБ Авиастроение. 1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		9

верстие, вставку и расклепывание заклепки, фрезерование закладной головки после клепки, перемещение в следующую позицию и пр.



Рисунок 2 – Клепальный автомат GEMCOR GB6/2000

На авиастроительных предприятиях России в сборочном производстве широко применяется технологическое оборудование компании Broetje-Automation GmbH. Основная продукция компании – оборудование для изготовления и сборки элементов конструкции планера самолетов и вертолетов, выполненных как из металлических материалов, так и из композитных. Компания являлась дочерним предприятием концерна CLAAS Fertigungstechnik GmbH. В интернет имеется информация, что Broetje-Automation GmbH с 2016 принадлежит китайской компании Shanghai Electric Group.

Компания с 1976 года занимается разработкой интегрированных производственных и сборочных систем, в том числе и клепальных автоматов и установок.

					СКБ Авиастроение.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		10

Компания Broetje-Automation GmbH представляет различные конфигурации клепальных установок для автоматической клепки элементов конструкций самолета.

Установки обеспечивают:

- загрузку панели в автомат в эргономично оптимальной позиции;
- гибкие, управляемые системой управления с ЧПУ приемные ложементы для панели;
- точное позиционирование рабочих инструментов;
- надежное крепление панелей во время обработки;
- полностью автоматический процесс с контролем от системы управления с ЧПУ;
- программирование в режимах Off line или Teach-In (режим обучения).

Для клепки элементов конструкции самолета предлагаются следующее технологическое оборудование:

- клепальный автомат типа IPAC;
- клепальный автомат типа CPAC;
- клепальный автомат типа MPAC и др.

Клепальный автомат типа IPAC применяется для панелей крыла и фюзеляжа. Состоит из станины портального типа. На станине размещены верхний и нижний рабочие инструменты. Сборочная единица устанавливается на раме, которая может перемещаться и вращаться, обеспечивая требуемое позиционирование в процессе клепки. Рама установлена на каретках, которые могут перемещаться по направляющим двух колонн-стоек. Автомат имеет систему 7-осевого позиционирования ЧПУ. Применение автомата делает возможным быстрый процесс клепки панелей обшивки фюзеляжа и крыльев, может оснащаться реконфигурируемыми ложементами для панелей.

Общий вид клепального автомата IPAC представлен на рисунке 3.

					СКБ Авиастроение. 1.ИП.01000000	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		11



Рисунок 3 – Клепальный автомат IPAS

Клепальный автомат типа CPAC применяется для панелей фюзеляжа с большой кривизной. Станина, на которой устанавливается рабочий инструмент, имеет С-образную конструкцию. Имеет систему 7-осевого позиционирования ЧПУ. Автомат позволяет выполнить клепальные работы для большой номенклатуры панелей. Общий вид клепального автомата CPAC представлен на рисунке 4.



Рисунок 4 – Клепальный автомат CPAC

					СКБ Авиастроение. 1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		12

Клепальный автомат типа МРАС применяется для клепки различных узлов и панелей планера самолета. Имеет модульную конструкцию. Современное самолетостроение постоянно нуждается в новых, гибких, модульных технических решениях, которые могут обеспечивать производство самых различных типов самолетов, включая и самолеты будущего. Для этого и предназначена гибкая клепальная установка МРАС. Автомат имеет 10-осевой позиционер. В клепальную установку МРАС интегрирована электрическая система клепки для проклёпывания стрингеров, шпангоутов, деталей обшивок и панелей фюзеляжа и крыла.

Общий вид клепального автомата МРАС представлен на рисунке 5.



Рисунок 5 – Клепальный автомат МРАС

Для выполнения клепки конструкций типа дверей и люков компании Cybermeca, которая входит в компанию Groupe Ledoux, предлагает техническое решение с использованием клепального автомата Lynx DUO C-Type.

Клепальный автомат Lynx DUO C-Type состоит из станины, на которой установлен верхний инструмент. Станина имеет С-образную конструкцию. Верхний рабочий инструмент может перемещаться по оси X, нижний плунжер обеспечивает вращение рабочего инструмента. Автомат имеет систему

					СКБ Авиастроение. 1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		13

7-осевого позиционирования. Рама с объектом обработки устанавливается в каретки стоек. Стойки могут перемещаться в горизонтальном направлении по оси Y. Каретки перемещаются в вертикальном направлении и обеспечивают вращение рамы вокруг своей оси. Перемещение двери до установки в автомат и после обработки осуществляется помощью ручной укосины. Автомат оснащен системой смены инструмента и системой подачи заклепок. В зону клепального станка входят пульт управления и пылесос. Клепка осуществляется за 4,5 с, сверление с зажимом за 2,5 с.

Общий вид зоны клепального автомата Lynx DUO C-Type представлен на рисунке 6.

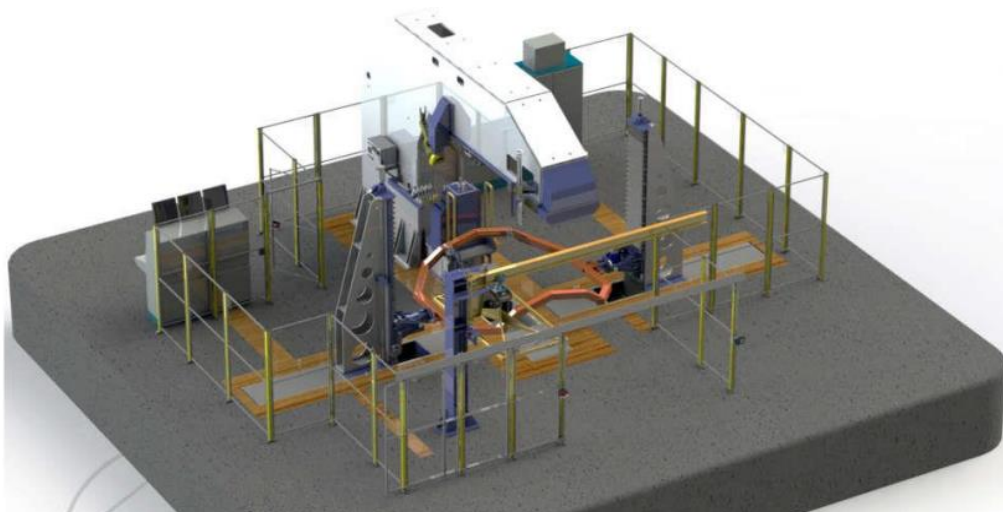


Рисунок 6 – Общий вид зоны клепального автомата Lynx DUO C-Type

Как опцию компания предлагает станцию подготовительных и заключительных работ.

В зону станции входят:

- станция с рамой для работы с дверьми;
- станция установки крепежных элементов на двери;
- ручная укосина для перемещения дверей;
- тележка.

Вопросами технического оснащения отечественных авиастроительных предприятий современным автоматизированным оборудованием занимаются

					СКБ Авиастроение. 1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		14

две российские компании: ЗАО «Авиационный Консалтинг-ТЕХНО» и АО «Инновационные технологии и решения».

ЗАО «Авиационный Консалтинг-ТЕХНО» является российской инженеринговой компанией (численность – 80 человек), работающей с 2001 года по проектам комплексной автоматизации и оснащения предприятий, производящих авиационную, вертолётную и аэрокосмическую технику, высокотехнологичными производственными процессами.

Направления деятельности компании:

1 Проектирование и внедрение интегрированных сборочных линий с высокой степенью автоматизации для агрегатной и окончательной сборки изделий;

2 Проектирование и внедрение специализированной сборочной и вспомогательной технологической оснастки;

3 Разработка, изготовление и монтаж специализированного автоматизированного оборудования под задачи заказчика.

Выполняются также работы комплексной поставке специального технологического оборудования, внедрению программных пакетов и средств проектирования, проектированию, оцифровке и реинжинирингу изделий.

Сотрудничает с ведущими авиастроительными предприятиями России и известными мировыми производителями оборудования: BROETJE, FIVS, Dufieux, KUKA, Reichenbacher Hamuel GmbH, Scholz. Принимала участие в российских проектах MC-21, SSJ -100.

Компания предлагает комплекс для автоматической клепки заклепок. Выполняемые функции: позиционирование по программе, сжатие пакета с регулируемым усилием, измерение толщины пакета, сверление и зенкование отверстия под заклепку, нанесение грунта/герметика, вставка заклепки, расклепывание заклепки с активным верхним и нижним инструментом (по усилию или по размеру замыкающей головки), фрезерование закладной головки заклепки, разжатие пакета, перемещение на новую позицию для клепки.

					СКБ Авиастроение. 1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		15

Предусмотрена смена клепальных и режущих инструментов, несколько типоразмеров заклепок в процессе выполнения одной программы клепки. Диаметры расклепываемых заклепок – до 6 мм и более (по дополнительному заданию). Позиционирование корректируется системой машинного зрения. Предлагаемые компанией варианты оборудования представлены на рисунках 10 и 11.

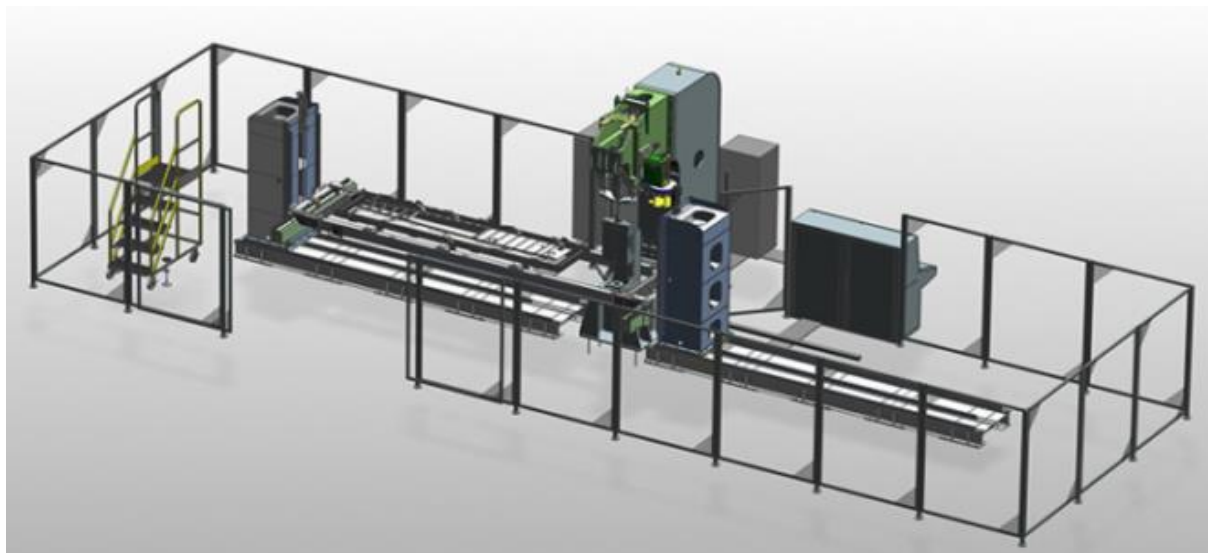


Рисунок 10 – Клепальный автомат

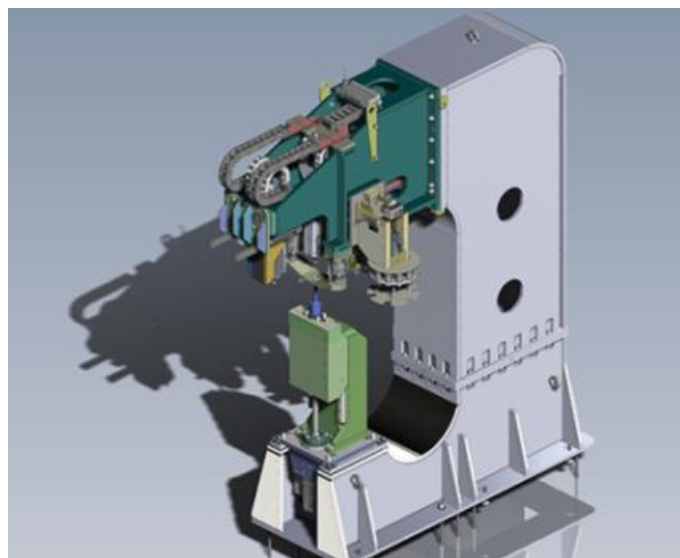


Рисунок 11 – Клепальный пресс

Компания АО «Инновационные технологии и решения» основана в 2007 году и совместно со своими партнерами – ведущими мировыми производителями оборудования и разработчиками программного обеспечения, выполняет проекты по внедрению комплексных решений на отечественных

					СКБ Авиастроение.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		16

предприятиях авиакосмической отрасли. Осуществляет консультации, проектирование, поставки и гарантийное обслуживание оборудования и программного обеспечения от ведущих мировых производителей.

Компания является официальным российским представителем ACB (Франция), aPriori (США), Groupe Ledoux (Франция), LAP Laser (ФРГ), Corelec Equipements (Франция), Coriolis Composites (Франция) и поставщиком программного обеспечения ведущего мирового разработчика в области управления жизненным циклом изделий –Siemens Digital Industries Software (США).

ACB S.A.S. (входит в группу компаний Aries Industries) – мировой лидер в области разработки и производства прессового оборудования металлоформования и обладатель уникальных компетенций в технологии линейной сварки трением.

Siemens Digital Industries Software – один из ведущих в мире поставщиков программных средств и услуг по управлению жизненным циклом изделий и производством.

Coriolis Composites S.A.S. – глобальный эксперт в разработке, производстве и внедрении комплексных систем производства композиционных деталей методом автоматизированной выкладки волокна, базирующихся на собственных программных и аппаратных решениях.

aPriori Technologies Inc. – разработчик программного обеспечения проектирования изделий под заданную стоимость, обладающего уникальным набором функциональных возможностей.

Groupe Ledoux – разработчик и производитель комплексных решений для автоматизированной клепки агрегатов, а также созданных в соответствии с техническим заданием уникальных решений для предприятий авиакосмической промышленности.

LAP GmbH Laser Applikationen – один из ведущих разработчиков и производителей лазерных проекционных и измерительных систем.

					СКБ Авиастроение.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		17

Corelec Equipements S.A. – компания с полувековой историей специализируется на разработке и внедрении комплексных решений для обработки поверхностей металлических деталей и их контроля.

Компания занимается проектированием и производством автоматов, оснащенных уникальными пневмоэлектрическими или электрическими головками для клепки самолетных и вертолетных агрегатов.

Клепальные автоматы оснащаются как приспособлениями для ручного позиционирования агрегата в рабочей зоне, так и автоматизированными позиционерами на базе промышленных роботов или многоосевых колонн. Выполняемый клепальной головкой цикл: сжатие пакета, сверление отверстия, зенковка, подача герметика, подача и осадка заклепки. Цикл пневмоэлектрической головки составляет 4,5 сек, электрической – 3,4 сек.

Компания выполняет работы по модернизации клепальных автоматов.

Предлагаемые компанией варианты оборудования представлены на рисунках 12 и 13.

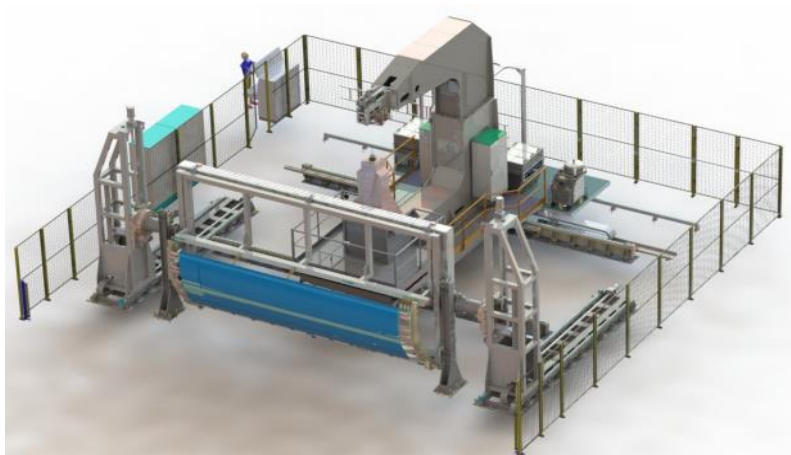


Рисунок 12 – Установка для клепки панелей



Рисунок 13 – Установка для клепки двери или люка


Наиболее приемлемым вариантом технологического оборудования для образования заклепочных соединений при сборке багажной двери самолета МС-21 является предлагаемое компанией Cybermeca решение с использованием клепального автомата Lynx DUO C-Type.


					СКБ Авиастроение.1.ИП.01000000	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		19


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Начальник отдела ОНИПКРС
 Е.М. Димитриади
(подпись)
« 24 » января 2024 г.

Проректор по научной работе
 А.В. Космынин
(подпись)
« 24 » января 2024 г.

Декан ФАМТ
 О.А. Красильникова
(подпись)

АКТ

о приемке в эксплуатацию проекта

Технологические процессы клепки авиационных конструкций

г. Комсомольск-на-Амуре

« 25 » января 2024 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- Ю.Б. Колошенко – руководитель СКБ,
- О.А. Красильникова – декан ФАМТ

со стороны исполнителя

- С.Б. Марьин – руководитель проекта,
- Е.А. Ильин – группа 8ТС-1

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «Технологические процессы клепки авиационных конструкций», в составе:

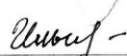
1. Проект, содержащий обоснованный выбор технологического оборудования для образования заклепочных соединений при сборке багажной двери самолета МС-21.

Руководитель проекта



С.Б. Марьин

Исполнитель проекта



Е.А. Ильин