

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт машиностроения
(наименование института полностью)

Кафедра «Оборудование и технологии машиностроительного производства»
(наименование кафедры)

15.04.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных
производств

(код и наименование направления подготовки)

Технология автоматизированного машиностроения

(направленность (профиль))

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

на тему: Разработка комплекса технологического оснащения автоматически
сменных станочных модулей призматической формы перекомпоуемых
производственных систем.

Студент	<u>М.А. Блохин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Научный руководитель	<u>Д.Г. Левашкин</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)
Консультанты	<u>В.Г. Виткалов</u> (И.О. Фамилия)	_____ (личная подпись)

Руководитель программы д.т.н., доцент Н.М. Бобровский _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« _____ » _____ 20 _____ г.

Допустить к защите

Заведующий кафедрой к.т.н., доцент Н.Ю. Логинов _____
(ученая степень, звание, И.О. Фамилия) (личная подпись)
« _____ » _____ 20 _____ г.

Тольятти 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
1 Состояние вопроса. Формулировка цели и задач	6
1.1 Многономенклатурная обработка деталей	6
1.2 Литературный обзор	9
1.2.1 Реконфигурируемые производственные системы	10
1.2.2 Организация реконфигурируемого производства с применением спутника призматической формы	15
1.3 Формулировка цели и задач	18
2 Обзор универсально-сборных приспособлений, и их интеграция со спутником	19
2.1 Анализ стандартных каталогов УСП	19
2.2 Основы применения спутников призматической формы	26
2.2.1 Описание конструкции приспособления спутник	32
2.2.2 Разработка конструкции рабочих поверхностей приспособления-спутника	40
2.2.3 Расчет точности	43
2.3 Прикладная библиотека Компас-3D «Стандартные каталоги УСП. Проектирование»	52
2.4 Монтаж приспособления спутник на стол станка с наладкой	61
2.4.1 Компоновка специальных приспособлений из элементов УСП	61
2.4.2 Монтаж приспособления спутник на стол станка	64
3 Силовые процессы в системе спутник – пяти позиционная многономенклатурная обработка	69
3.1 Расчет ANSYS	69
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	76
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ	78
ПРИЛОЖЕНИЕ	81

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

RMS (Reconfiguring manufacturing systems) – Реконфигурируемые производственные системы.

УСП – универсально-сборные приспособления.

АЛ – автоматические линии.

АС – агрегатные станки.

РА – роторные автоматы.

РКЛ – роторно-конвейерные линии.

ГАЛ – гибкие автоматические линии.

ГПС – гибкие производственные линии.

РТК – роботизированные технические (робототехнические) комплексы.

ОЦ – обрабатывающие центра.

МС – многооперационные станки.

ПУ – программное управление.

ГПМ – гибкие производственные модули.

ГАЛ – гибкое автоматизированное производство.

RMT (Reconfigurable Machine Tools) – станок с изменяемой конфигурацией.

ВВЕДЕНИЕ

Современное общество приближается к «Четвертой промышленной революции» данная тема была заявлена главной на 46-ом Международном экономическом форуме в Давосе. Концепция «Индустрии 4.0» была впервые сформирована в 2011 году на Ганноверской выставке определив ее как внедрение «киберфизических систем» в заводские процессы [1]. Данная концепция представляет собой тесное сплетение интернет сервисов и управляющих устройств с высокой степенью автоматизации как самих технологических процессов, так и RMS.

RMS наилучшим образом вписывается в концепцию «Индустрия 4.0» с ее высокой степенью реконфигурации и перекомпоновки. Данное обстоятельство характеризуется высокой степенью интеграции систем управления RMS объединённых в единую сеть.

Технологическое оснащение для RMS так же имеет определенные требования. Техническими решениями, которые обеспечивают перекомпонование рабочей позиции, являются, например, автоматически сменные модули призматической формы, являющиеся носителями заготовок, установленных жестко на боковых гранях призматического корпуса носителя. Применение данных решений позволяет проводить многопоточную механическую обработку изделий переменной номенклатуры на одной рабочей позиции, что в свою очередь говорит об актуальности работ в данном направлении.

В работе предложена конструкция автоматически сменного модуля призматической формы (носителя заготовок) в виде куба с возможностью установки заготовок на боковых гранях его корпуса с применением типовых и унифицированных элементов УСП.

Универсально сборные приспособления позволяют быстро собрать необходимую конструкцию для фиксации заготовки и обработки на рабочем столе станка. Это сокращает время на переналадки.

Одним из многих вопросов которые позволяет решить применение данных технических решений является возможность увеличения производительности обработки, сокращения трудоемкости работ по подготовке оборудования и инжиниринг, а также вывести позиции RMS на более выгодные в плане стратегии развития концепции «Индустрия 4.0».

Не смотря на все плюсы такого технологического оснащения RMS возникают вопросы как обеспечения унификации носителя с типовыми элементами УСП используемыми на производстве как в настоящее время, так и в будущиx вариациях RMS рассматриваемых в контексте концепции «Индустрии 4.0», так же остаются не решенными вопросы обеспечения точности и жесткости при многокоординатной обработке.

1. Состояние вопроса. формулировка цели и задач

1.1 Многономенклатурная обработка деталей

Анализ современных производственных процессов и производств, существующих или создаваемых, у нас в стране и за рубежом - позволяет дать заключение об основных тенденциях современного машиностроения. Это переход от производства ограниченной номенклатуры изделий в сторону расширения производственных возможностей, номенклатуры одновременно выпускаемых изделий, т.е. переходу к многономенклатурному производству. Так, очевидно стремление предприятий уйти от реализации монотехнологий, когда наблюдается рост объемов высокотехнологичных процессов производства, а также внедрение высокопроизводительных, энергоэффективных технологий, при общем снижении объемов лезвийной обработки. Для современного производства характерно увеличение уровня информатизации и применения информационных технологий, компьютерно-ориентированность производственных процессов в части их информатизации и автоматизации [2-8].

Эти и ряд других тенденций, несомненно, накладывают дополнительные требования на уровень прогрессивности производственного оборудования и технологий при помощи которых реализуются многономенклатурные производственные технологические процессы.

С другой стороны, очевидным становится изменение отношений в цепочке потребителя (или заказчика) с производителем (носителем технологий) в сторону необходимости сокращения времени на подготовку производства, непрерывную адаптацию производственных процессов под постоянно изменяющиеся требования рынка, необходимости роста производительности производственных процессов и оборудования.

Именно постоянное обострение противоречий между современными требованиями рынка и технологическими возможностями производства ведет к

необходимости создания производственных систем нового поколения, реализующего несколько иные принципы функционирования [5-8].

Современный рынок относительно быстро меняет свои требования к продукции, поэтому производителям постоянно необходимо разрабатывать все новые и новые предложения расширять линейки моделей, унифицировать платформы, детали, узлы, агрегаты под будущие предложения [9].

К современному автоматизированному оборудованию относятся в массовом производстве: АЛ, АС, системы РА и РКЛ; в крупно - серийном и серийном производствах: ГАЛ, ГПС, РТК и другие системы машин.

Создание гибких производственных систем основывается на применении ОЦ, МС с ПУ, ГПМ, в составе которых присутствуют автоматическая загрузка, выгрузка, транспортировка и складирование заготовок, деталей, автоматизации смены инструмента и оснастки, совершенными системами управления и строящейся на этой базе организации ГАЛ.

В то же время современные станочные системы машин, такие как ОЦ, ГПС, РТК обладают и отрицательными моментами:

1. Высокая стоимость оборудования;
2. При постоянном изменении спроса на рынке, при постоянных переналадках снижается надежность оборудования;
3. Требуют большую производственную площадь для размещения;
4. Не обладают достаточной гибкостью для частого перехода на освоение и производство новых деталей многономенклатурного производства;
5. не удовлетворяют требованиям многономенклатурного производства.

При имеющихся достоинствах и резервах дальнейшего совершенствования современных станочных систем машин проблемы развития производства определяются тем, что развитие вплотную приблизилось к моменту, когда затраты на дальнейшее развитие системы не даст ощутимого прироста показателей производительности, гибкости и качества и будет выглядеть как дорогая модернизация.

Для ОЦ, ГПС и РТК ограничены возможности по увеличению производительности, уменьшению стоимости. Для того, чтобы осуществлять обработку изделий видоизменяющейся номенклатуры и качества, так функциональность системы становится более богатой и разнообразной, но зачастую не востребованной и бесполезной в условиях реального производства, что приводит при их стационарности дополнительно к высокой стоимости. Они остаются малопродуктивными с недостаточной эксплуатационной надежностью и размещением на больших производственных площадях.

Ярко выраженная потребность производственных решений, обеспечивающих широкие технологические возможности, гибкость и быструю адаптацию к изменению производственных условий, обладающих высокой производительностью.

Для современного производства одним из направлений создания станочных систем машин является создание ГПМ с применением агрегатных узлов с ЧПУ, объединенных в комплексы - гибкие производственные системы. Чаще такие системы обладают повышенной универсальностью, невысокой производительностью и большими первоначальными капитальными и текущими затратами,

При этом, обеспечивая высокую гибкость, не обеспечивается высокая производительность и наоборот – обеспечивая высокую производительность автоматизированного оборудования, значительно падает уровень его гибкости.

Одним из направлений развития автоматизированных систем стало применение станочных систем для многосторонней высокопроизводительной обработки с использованием сменных многогранных приспособлений спутников призматической формы в качестве узлов транспортирования, базирования, крепления и обработки деталей (заготовок) на рабочей позиции [4].

1.2. Литературный обзор

В рамках темы магистерской диссертации предлагается взять за основу концепцию приспособления призматической формы для одновременного закрепления и обработки заготовок. В данной области наиболее значимы труды Царева А. М. и Левашкина Д. Г. В виде их патента на изобретение RUS 2258593 10.09.2003 [10], монографии, а также диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук Левашкина Д. Г.

В вопросах унификации носителя с технологическим оснащением было отдано предпочтение типовыми элементам УСП. Данное технологическое оснащение широко распространено, зарекомендовало себя как гибкое оснащение с продолжительным жизненным циклом и большим опытом применения на производстве. Ресурс УСП в плане применения до конца не исчерпан. УСП остается наиболее эффективным технологическим оснащением в условиях производства широкой номенклатуры выпускаемых изделий мелких серий. Проектирование УСП регламентируется ГОСТами 31.111.41-93 [11], 31.111.42-83 [12]. Так же подробно рассмотрены каталоги деталей и сборных единиц универсально сборных приспособлений с пазами 8, 12, 16 мм Христенко И. П., Томин А. П., Мирошниченко А. М., Цис Л. В. Так же был изучен альбом монтажных чертежей «Универсально сборные приспособления» Кузнецов В. С., Пономарев В. А. [13-16]

Для более глубокого и всестороннего понимания RMS были рассмотрены работы зарубежных ученых. Различные точки зрения на понимание того как должно быть организовано производство, логика и способы перекомпонования производственных линий. Организация планирования многономенклатурного производства, помогает более детальной проработать вопрос технологического оснащения.

1.2.1 Реконфигурируемые производственные системы

Характеристики идеального RMS:

Идеальные реконфигурируемые производственные системы RMS обладают шестью основными характеристиками:

1) Модульность:

Разделение производственных функций и требований к операционным единицам, которыми можно манипулировать согласно альтернативным схемам производства для достижения оптимальной компоновки и соответствия заданному набору потребностей. В реконфигурируемой производственной системе многие компоненты, как правило, являются модульными (например, машины, оси движения, элементы управления и инструменты)

2) Интегративность:

Способность быстро и точно интегрировать модули с помощью набора механических, информационных и управляющих интерфейсов, которые обеспечивают интеграцию и связь. На машинном уровне оси движений и шпиндели могут быть встроены в машины.

3) Индивидуальная гибкость – проектирование гибкости системы / машины только вокруг семейства продуктов, благодаря чему обеспечивается гибкость в настройках, в отличие от общей гибкости FMS / CNC. Эта характеристика радикально отличает RMS от гибких производственных систем (FMS) и позволяет снизить инвестиционные затраты.

4) Масштабируемость – способность легко изменять производственные мощности путем перестройки существующей производственной системы и / или изменения производственной мощности реконфигурируемых станций. Масштабируемость является характерной чертой конвертируемости.

5) Конвертируемость – возможность легко трансформировать функциональность существующих систем, машин и элементов управления в соответствии с новыми требованиями к производству. Система конвертируемости может иметь несколько уровней.

б) Диагностика – возможность автоматического считывания текущего состояния системы для обнаружения и диагностики основной причины дефектов выходного продукта и последующего быстрого устранения операционных дефектов[17-20].

Типичная RMS будет иметь несколько из этих характеристик, хотя и не обязательно все. Обладая этими характеристиками, RMS повышает скорость реагирования производственных систем на непредсказуемые события, такие как внезапные изменения рыночного спроса или неожиданные сбои машины. RMS облегчает быстрый выпуск новых продуктов и позволяет регулировать объемы производства, которые могут неожиданно меняться. Идеальная реконфигурируемая система обеспечивает необходимую функциональность и производственную мощность и может быть экономически скорректирована, когда это необходимо. Эти системы спроектированы и эксплуатируются в соответствии с Принципами Корена RMS.

Принципы RMS работают в соответствии с набором основных принципов, сформулированных профессором Йорам Кореном и называются принципами управления Корена. Чем больше этих принципов применимо к данной производственной системе, тем более реконфигурируемой является эта система [20-26].

Принципы RMS:

1. RMS предназначен для регулируемых производственных ресурсов для удовлетворения неотложных потребностей.

2. Чтобы повысить скорость реагирования производственной системы, основные RMS-характеристики должны быть встроены во всю систему, а также в ее компоненты.

3. RMS спроектирован вокруг семейства деталей с достаточной гибкостью, необходимой для производства всех частей в этой семье.

4. RMS содержит экономичную смесь оборудования из гибких (например, CNC) и реконфигурируемых машин с индивидуальной гибкостью, например,

Reconfigurable Machine Tools, Reconfigurable Inspection Machines и Reconfigurable Assembly Machines.

5. RMS обладает аппаратными и программными возможностями для экономического реагирования на непредсказуемые события - как внешние (изменения рынка), так и внутренние события (отказ машины).

Согласно спрогнозированному отчету США «Производственные вызовы 2020», одной из шести основных задач является способность быстро перенастраивать производственные предприятия в ответ на меняющиеся потребности и возможности. Концепция реконфигурации вызвала интерес в научных и промышленных кругах.

Сравнение системы производства по:

- стоимости;
- функциональности;
- затратам.

Стоимость

Реконфигурируемая производственная система не дороже в сравнении с FMS и DTL. Потому что RMS не похожа на другие и может работать с точной функциональностью и емкостью производства продукта которая необходима и может быть модернизирована в будущем если нужно. Оно будет связано с добавлением возможностей, вспомогательных приборов, осевых устройств, более больших магазинов инструмента и дорогих контроллеров.

Функциональность

Выделенные транспортные линии, как правило, имеют высокую емкость, но ограниченную функциональность и являются экономически эффективными, потому что они производят только несколько референсов и превышают спрос на них. Но насыщенные рынки и возрастающее давление глобальной конкуренции обуславливают времена, когда линии не работают на полную мощность.

FMS построено полностью гибким и функциональным, иногда имея функционал который может быть не востребован на текущий момент времени. В

этом случае оборудование, в которое были вложены деньги простаивает в цеху, и большая часть капитальных вложений тратится впустую.

ЗАТРАТЫ

В RMS исключаются два вида затрат:

- 1) путем добавления дополнительной мощности при необходимости;
- 2) путем добавления дополнительной функциональности.

ДОСТОИНСТВА RMS:

- Повышенное качество продукции;
- Сокращение времени необходимого для переналадки;
- Легкое масштабирование развития прототипа;
- Для запуска новой производственной системы требуется более короткое время;
- Быстрое обновление и быстрое внедрение новых технологических процессов.

Недостатки RMS:

- Трудная интеграция оборудования;
- Дорогой контроллер;
- Трудный выбор модулей оборудования;
- Сложности в взаимосвязях мерительного инструмента, переменчивости, гибкости;
- Трудно подготовить модель к достаточному уровню гибкости.

Достоинства FMS:

- Сокращение запасов;
- Сокращение времени выполнения;
- Улучшенная интеграция оборудования;
- Сокращения времени работы;
- Снижение стоимости оборудования;
- Высокое качество продукции финансовое преимущество.

Недостатки FMS:

- FMS стоят довольно дорого;

- Это сложнее, чем автоматическая линия;
- Требуется высококвалифицированные специалисты.

Компоненты RMS:

- RMS имеет два важных компонента;
- Реконфигурируемый станочный инструмент;
- Реконфигурируемый контроллер;
- Станочный инструмент.

Уникальность реконфигурируемой системы производства заключается в том, что как ее структура, так и машинное управление могут быстро меняться в зависимости от изменения рынка, оно модульно. Где мы можем легко изменить, добавить и доработать части системы.

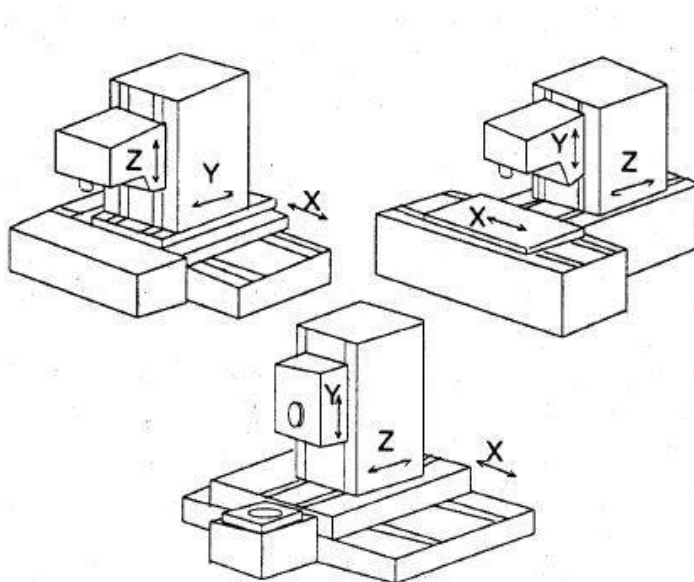


Рисунок 1 – Диаграмма машины 3 осей модульной.

На рисунке 1 показана схематическая иллюстрация 3-осевой модульной машины, и основной акцент здесь делается на том, как увеличить конфигурируемость этого типа станков.

Основным компонентом RMS – является RMT (станок с изменяемой конфигурацией). Они сконструированы для производства со специальным подгоняемым временем цикла. Ее главная цель-справиться с различными изменениями в составе изделия.

В RMT размер заготовки, ее геометрия, сложность формы, объем продукции и тариф, качество поверхностей и их точность, твердость учитываются.

Оно вводит несколько новых возможностей для контроллера RMT:

- I. Инструмент станков изменчив.
- II. Контроль за много инструментальной автономной наладкой самостоятельно и RMT с осевой в не ортогональной конфигурации.
- III. интеграция разнородной аппаратной и программной составляющих.
- IV. Требование широких знаний.

Движение инструмента оборудования RMT в семье, подчиняется некоторым модулям:

- автоматическая часть управления системы транспорта;
- для автоматического зажима детали вращающихся модулей системы;
- часть управления системы автоматического подъема;
- модуль системы автоматической смены инструмента;
- реконфигурируемый контроллер.

Для управления любой конкретной функцией или классом оборудования должны быть разработаны реконфигурируемые контроллеры. Это динамические изменения для конкретного механизма.

1.2.2 Представление об организации реконфигурируемого производства с применением спутника призматической формы

Изучив основные свойства и требования, предъявляемые к реконфигурируемым производственным системам, было предложено рассматривать линию реконфигурируемого производства как огромный единый механизм напоминающий станок с револьверной головкой и большим магазином инструмента.

Так револьверная головка — это оборудование которое располагают на одной позиции. Магазин – это есть зона хранения и обслуживания оборудования. Рабочий стол – это вся производственная площадь на которой расположено

оборудование и технологическое оснащение скомпонованное согласно технологического процесса. Жесткость системы в данном случае обусловлена жёсткостью каждого модуля расположенного на производственной площади. Сервисная зона – это зона в которой находятся все вспомогательное оборудование к примеру фильтры очистки СОЖ и резервуары для его хранения и подачи, питание, рассчитанное на максимальную нагрузку при условии, если в ТП будет задействована вся производственная площадь (Рис. 2), пневмоустановки подающие воздух под давлением на линию и т.д. все по каналам, уложенным под производственной площадью выводится унифицированными быстросъемными интерфейсами на поверхность. Сама же производственная площадь больше напоминает игру морской бой и разбита на квадраты здесь квадрат является минимальной модульной единицей, другими словами это минимальное место которое может занять оборудование. Размеры и форма модулей оборудования исчисляется в модульных единицах. Так к примеру носитель призматической формы занимает одну модульную единицу и называется наладка. Позиция – это сочетание наладки и комплекса оборудования, предназначенного для обработки деталей одновременно.

Движение наладочного модуля осуществляется по магнитным дорожкам, нанесенным на производственной площадке, маршрут движение формируется на основе расположения модулей оборудования они обуславливают какие сектора производственной площадки заняты и соответственно закрыты для движения.

Управляющая программа анализирует эти данные и строит технологической маршрут для деталей находящихся на наладке. Таким образом получается автоматическая линия, но при этом с гибкими межоперационными путями (Рис.3).

Такая организация производства позволяет использовать одну производственную площадь для создания технологического процесса под практически любые детали согласно допустимым типоразмерам. К примеру, можно неделю обрабатывать пять различных деталей одного семейства, а на следующей неделе перекомпоновать оборудование на производственной площадке под производство деталей другого семейства. Другими словами, всего

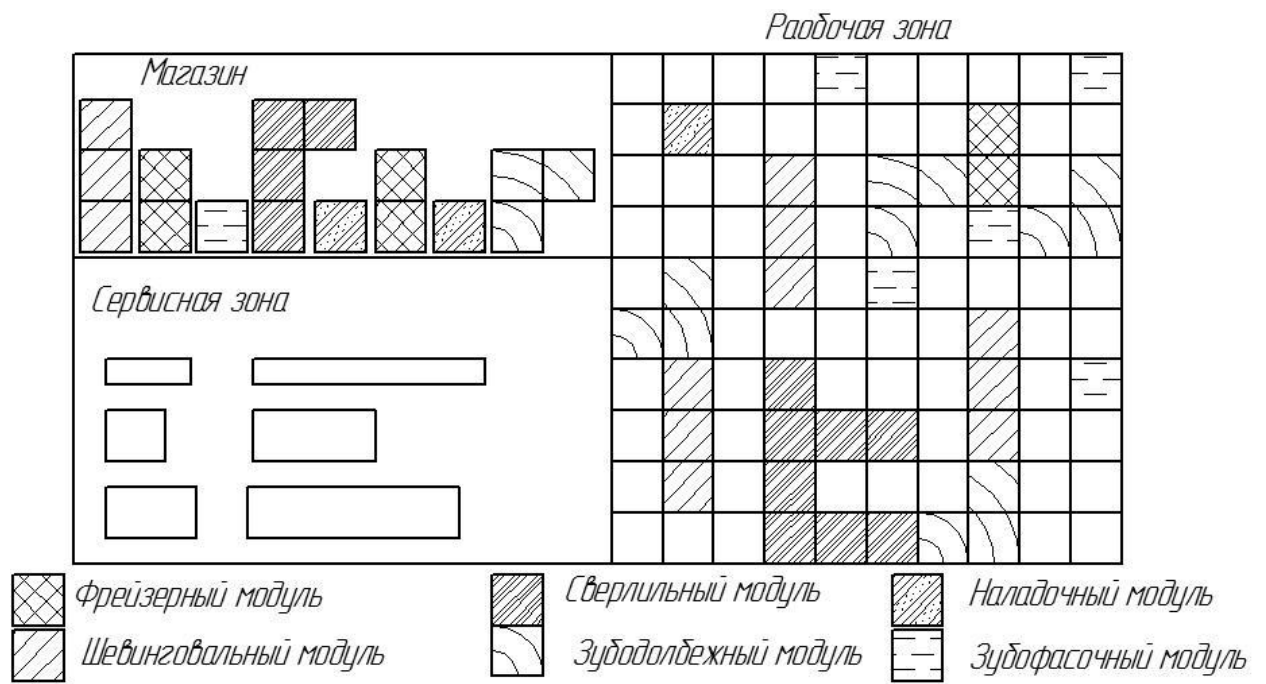


Рисунок 2 – Организация RMS с применением носителя призматической формы.

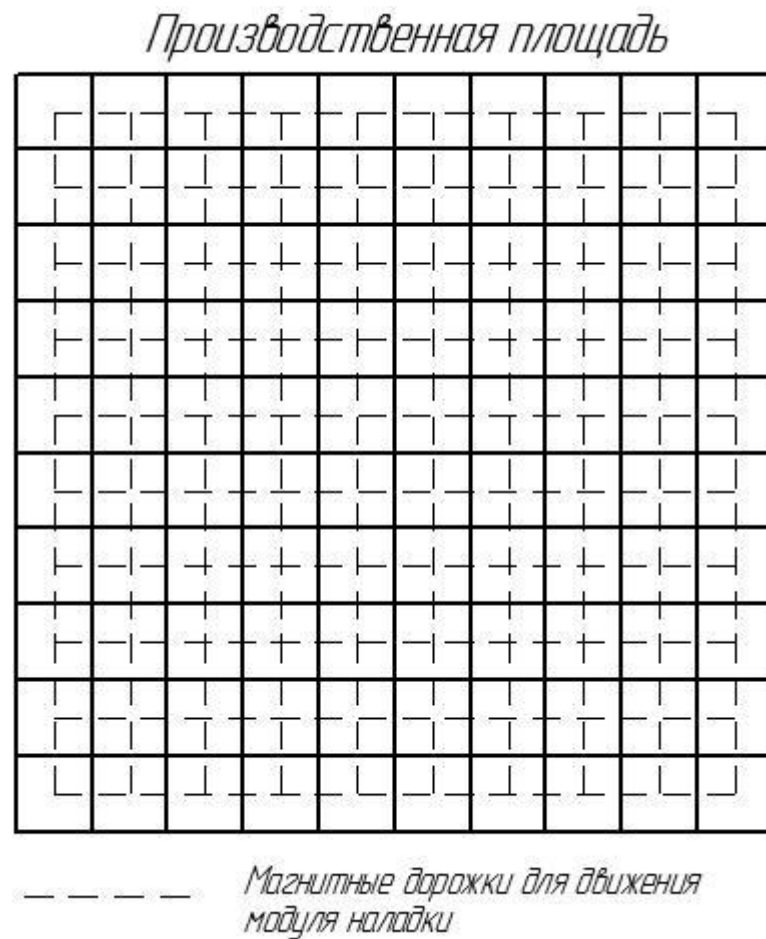


Рисунок 3 – Магнитные дорожки.

за один день реконфигурации и перекомпоновки оборудования осуществить локализацию сразу нескольких референсов деталей нового семейства без закупки нового оборудования (исключая возможную закупку инструмента). В текущих условиях производства, процессы индустриализации занимают от 1 до 3 лет подготовки производства. И еще некоторое время на отладку технологического процесса для выхода на проектную мощность.

1.3 Формулировка цели и задач

Цель работы:

Спроектировать технологическое оснащение для реконфигурируемых производственных систем в которых применяется автоматически сменные станочные модули призматической формы.

Задачи:

1. Проведение патентно-литературного обзора технологий, способов и устройств технологического оснащения пригодного для использования на реконфигурируемых производствах с применением автоматически сменных станочных модулей призматической формы.

2. Обзор и отработка типовых решений. Разработка математической модели адаптированной поверхности спутника призматической формы.

3. Разработка электронной прикладной библиотеки технологического оснащения для адаптированной поверхности автоматически сменных станочных модулей призматической формы.

4. Отработка процессов проектирования наладок с использованием электронной библиотеки.

5. Проведение моделирования силовых процессов резания при пяти позиционной многономенклатурной обработке в среде моделирования ANSYS.

2. Обзор универсально-сборных приспособлений, и их интеграция со спутником

2.1 Анализ стандартных каталогов УСП

Универсально-сборные приспособления получили широкое распространение на предприятиях опытного, единичного, мелкосерийного, серийного типов производства. Их относительно высокая стоимость окупается за счет продолжительного срока службы 12-15 лет. УСП позволяют исключить применение специальной технологической оснастки, что сокращает расходы на их проектирование и производство.

УСП делится на 3 каталога по размеру пазов от них зависят максимальные габариты и масса обрабатываемой детали.

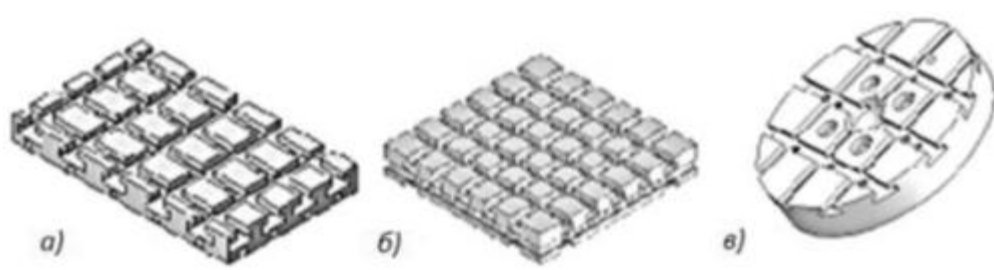
При рассмотрении каталогов будет отдано предпочтение тем, у которых максимальная длина обрабатываемой детали не превышает длины носителя призматической формы 500 мм.

Так в наладках УСП-8 максимальны габарит для детали составляет: ширина 180, длина 480, высота 240 мм применяется преимущественно в приборостроительной и электронной промышленности. Максимальная масса обрабатываемой детали 5 кг, в УСП-12 детали размерами до 300x1440x720 мм и массой до 60 кг применяется как на машиностроительных предприятиях, так и в инструментальном и в ремонтном производстве, а в УСП-16 детали размерами до 2400x2400x960 мм и массой до 3000 кг на производствах тяжелого машиностроения[13-15].

Рассмотрев каталоги УСП было отдано предпочтение каталогам с пазами 8 и 12 мм так как они имеют наиболее оптимальные характеристики для применения их в RMS с носителем призматической формы.

Элементы стандартных каталогов УСП, делятся на восемь групп в зависимости от их предназначения: базовые, корпусные, установочные, направляющие, прижимные, крепежные, разные детали и сборочные единицы.

Базовые детали. Данная группа элементов исходя из названия служит основанием для сборки компоновки. Обычно представляют собой квадратные, прямоугольные, круглые и облегченные плиты (Рис. 4). На их поверхности нанесена сетка Т-образных и П-образных шпоночных пазов с шагом кратным 30 мм.



а) прямоугольная б) квадратная в) круглая.

Рисунок 4 – Базовые плиты

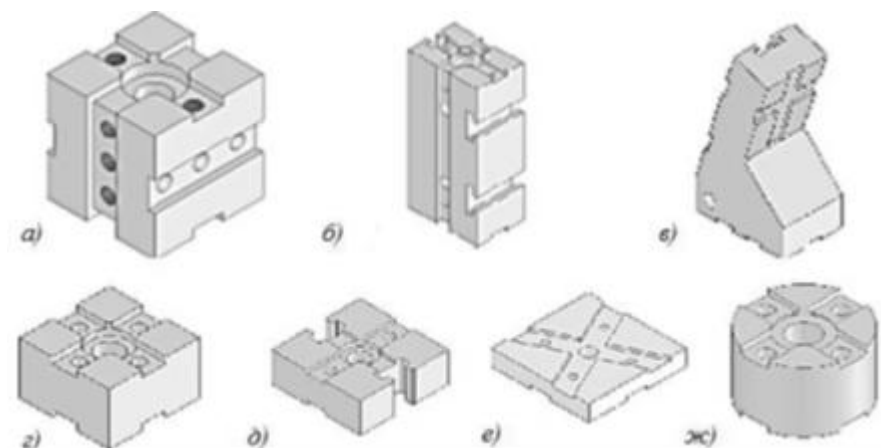
Как правило на пересечении этих пазов выполнены отверстия либо с резьбой, либо без нее.

Для точной ориентации на столе станка, с обратной стороны плит так же изготавливают Т-образные пазы. На круглых плитах для ориентации относительно поворотных головок, делительных дисков и т.п. исполняют кольцевую выточку и шпоночный паз.

Корпусные детали. К этой группе относятся опоры, косынки, так называемые прокладки (прямоугольные, квадратные, Т-образные, круглые), подкладки, клинья, угольники, планки, вилки, кулачки и т.п. (Рис. 5).

Данная группа элементов предназначена для формирования корпуса наладки. При необходимости они так же могут выполнять роль базовых элементов. Отличительной особенностью данной группы элементов является их взаимозаменяемость. Другими словами, при отсутствии необходимого элемента

при сборке существует возможность ее замены к примеру блоком деталей той же группы.



а) опора квадратная, б) опора прямоугольная, в) опора угловая,
г), д), е) прокладки прямоугольные ж) прокладка круглая.

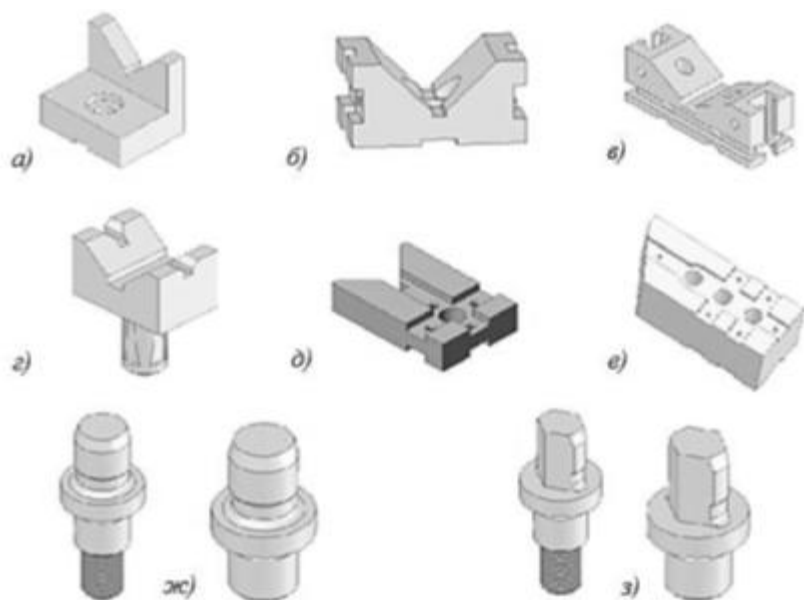
Рисунок 5 – Корпусные детали.

Возможность создания различных конструкций универсально-сборных приспособлений обусловлено наличием большого числа различных корпусных элементов. Особенностью конструкции, данной группы элементов является наличие Т-образных и П-образных шпоночных пазов на их рабочих поверхностях.

Установочные детали позиционируют корпусные относительно базовых и друг друга а так же для установки заготовок. (Рис. 6).

К элементам установочной группы относятся прямоугольные, Т-образные и переходные шпонки, установочные штыри и диски, установочные и переходные пальцы, цилиндрические, грибовые, упорные центры, призмы.

Группа элементов направляющих деталей. Это всевозможные переходные и кондукторные втулки (Рис.7), валики и колонки. Предназначение данных элементов в направлении режущего инструмента и размерной настройки приспособлений.



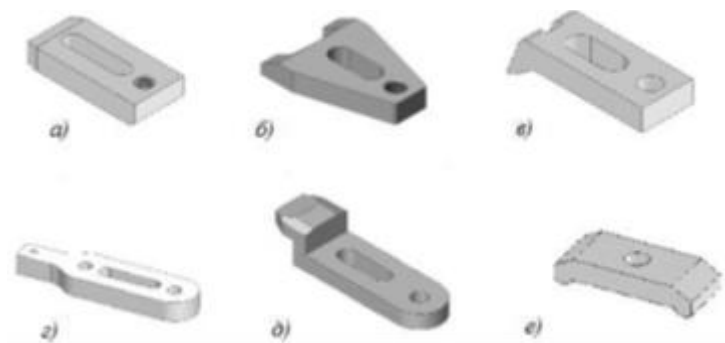
а), б), в), г), д), е) призмы, ж), з) пальцы.

Рисунок 6 – Установочные детали.



Рисунок 7 – Направляющие детали. Кондукторные втулки

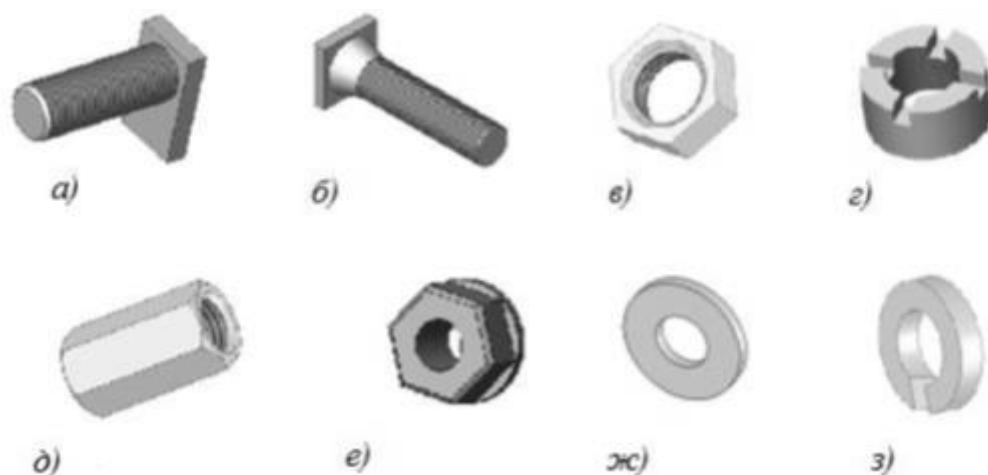
Группа прижимных элементов служит для фиксации обрабатываемых заготовок. Данной группе соответствуют различные прихваты (Рис.8) и планки.



а) передвижной, б) передвижной вильчатый, в) передвижной с выступом, г) передвижной удлиненный, д) передвижной изогнутый, е) двусторонний.

Рисунок 8 – Прижимные детали, прихваты.

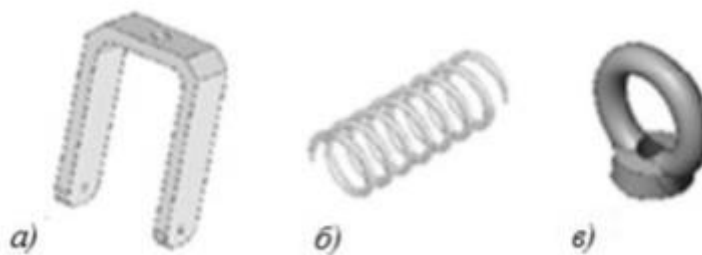
Так же в каталоге УСП имеются крепежные элементы. Некоторые элементы из этой категории используются в определенных случаях и имеют ограниченную область применения, но сборка наладки без данных деталей представляет серьезную проблему. В эту группу включены болты, винты, шпильки, гайки, шайбы. Их предназначение — это соединение между собой элементов приспособления и для закрепления обрабатываемой детали (Рис.9).



а), б) болты пазовые, в) гайка шестигранная низкая, г) гайка круглая,
 д) гайка шестигранная высокая, е) гайка шестигранная с буртиком,
 ж) шайба плоская, з) шайба пружинная

Рисунок 9 – Крепежные детали.

В стандартном каталоге УСП так же различают группу элементов, относящихся к разным – это ушки, вилки, хомутики, оси, наконечники, шайбы стопорные, кольца, рукоятки, пружины и др. Исходя из название их применение может быть различным (Рис.10).



а) хомутик, б) пружина, в) гайка грузовая.

Рисунок 10 – Разные детали.

Сборочные единицы. Элементы группы сборочных единиц позволяют собирать более компактные наладки за счет того, что каждый такой элемент имеет свое функциональное назначение. (Рис. 11).



Рисунок 11 – Сборочная единица. Подвижная призма.

К данной группе относятся поворотные головки, фиксаторы, центровые бабки, подвижные призмы, складывающиеся и откидные планки, делительные диски, эксцентриковые, кулачковые, клиновые, винтовые и тисочные зажимы, роликовый люнет, державки, шарнирные прихваты с призмой и т.п.

В зависимости от серии каталоги стандартных элементов УСП количество их типоразмеров индивидуально. Так, для каталога УСП-12, количество базовых элементов равно 82, корпусных деталей – 633, установочных деталей – 140, направляющих – 74, прижимных – 48, крепежных – 152, разных – 126 и сборочных единиц – 68 [14]. Для стандартного каталога УСП-8 количество элементов в группах будет отличным от количества элементов в группах каталога УСП-12.

Благодаря тому, что УСП применяется в производствах продолжительной время, опытным путем было установлено примерное процентное соотношение необходимого для производства количества элементов УСП по группам в следующих пропорциях: базовые 0,5...1%, корпусные 14...15%, установочные 20...22%, направляющие 3...4%, прижимные 4...5%, крепежные 51...53%, разные 4...5%, сборочные единицы 0,5...1% [14].

При изготовлении элементов УСП особые требования предъявляют таким параметрам как высокая износостойкость, прочность и точность. А наличие таких конструктивных элементов как пазы, канавки, отверстия и т.д. обуславливают

применение материалов, имеющих высокую прочность и поверхностную стойкость с сохранением вязкой и прочной сердцевины, после термообработки.

Элементы корпусных деталей изготавливают из стали 12ХН3А. Примеси никеля в стали повышает коррозионную стойкость. Цементацию проводят на глубину 0,8...1,6 мм с последующей закалкой до HRC 58...62.

Установочно-направляющие детали (кулачки, пальцы, опоры сферические, шпонки и др.) изготавливают из стали 20Х, 40Х, У8А. Детали из стали 20Х цементируют и закаливают также, как и детали из стали 20ХН3А. Детали из стали 40Х азотируют на глубину 0,3...0,5 мм. Твердость поверхностного слоя в этом случае HRC 48...58, а сердцевины HRC 28...32. Детали из стали У8А закаливают до твердости HRC 56...64. Направляющие детали – кондукторные втулки малых и средних размеров изготавливают из сталей 9ХС, У8А и закаливают до твердости HRC 60...64.

Основания, корпуса сборочных единиц изготавливают из стали 20Х. Элементы группы крепежных деталей изготавливают из сталей 38ХА, 40Х, 45 и закаливают до твердости HRC 36...42. Наиболее ответственные элементы такие как болты изготавливают из сталей 38ХА и 40Х, применение данных материалов позволяет одновременно уменьшить размеры сечения болтов и в тот же момент обеспечить необходимую прочность.

Для большинства элементов каталога УСП характерна шероховатость поверхностей $Ra=0,16...0,63$ мкм. Данная шероховатость поверхности дает положительный эффект для коррозионной стойкости элементов, а, следовательно, позволяет продлить жизненный цикл детали и сохранить ее внешний вид.

Элементы УСП в процессе сборки не предусматривают пригонку из-за этого элементы изготавливают по 6 качеству с повышенной точностью. Допуски на параллельность и перпендикулярность рабочих плоскостей, осей отверстий, шпоночных пазов соответствуют 5 степени точности. Болты, винты, шпильки, гайки являются изделиями многократного применения, и точность их изготовления нормируется по 8, 9 степени точности. Профиль резьбы имеет шероховатость не ниже $Ra=2,5$ мкм.

Такие жесткие требования, предъявляемые к точности и шероховатости позволяют собирать наладки сравнимы со специальными приспособлениями.

По статистике, заводы, применяющие УСП теряют элементы по причинам износа и поломок около 4...8% в год. Основными категориями элементов подверженных поломкам и повышенному износу являются крепежные детали и кондукторные втулки.

2. 2 Основы применения спутников призматической формы.

Рабочая позиция с применением автоматически сменных приспособлений-спутников призматической формы komponуется из нормализованных и агрегатных узлов с ЧПУ (Рис. 12).

Обеспечивается возможность управления параметрами производительности, изменение программы обрабатываемых деталей в течение смены с обеспечением эксплуатационной надежности и изменением технологического процесса [9]. В связи, с чем появляются следующие возможности:

1. частичное изменение и преобразование структуры и компоновки системы машин, структуры технологических процессов, преобразование организации подготовки производства;

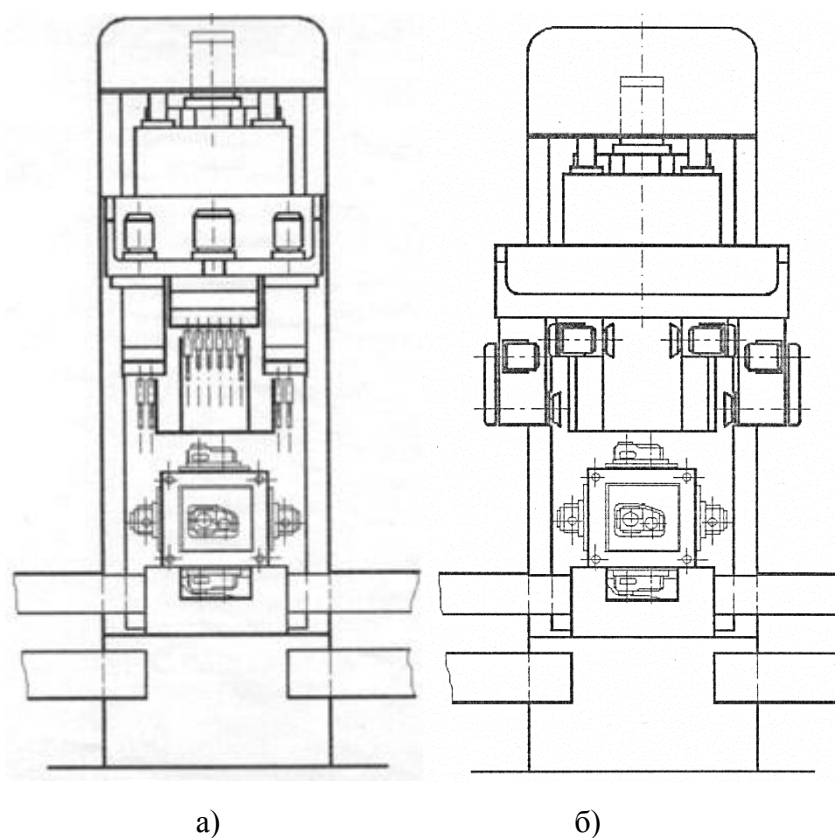
2. изменение организации технологических и транспортных потоков с изменением структуры технологического процесса и системы машин;

3. структурные преобразования и технико-эксплуатационные решения, ведущие к управлению процессами концентрации и дифференциации при обработке изделий, к изменению номенклатуры, а соответственно программы изделий, производительности применительно к различным условиям эксплуатации.

4. обеспечивается возможность вариантных, структурных преобразований технологического процесса и процессов функционирования станочной системы, обработки изделий переменной номенклатуры в течение нескольких смен одного календарного дня.

В результате структурных преобразований и переналадки возможно решение следующих варьируемых форм организации и выполнения производственных процессов:

1. Концентрация процесса механической обработки заготовки одного наименования на одной рабочей позиции при условии обработки различных наименований деталей на разных позициях в составе одной системы машин. Происходит механическая обработка больших переходов на одной рабочей позиции в сравнении с классической организацией производства.



а) для выполнения обработки осевым инструментом, б) для выполнения обработки фрезерным инструментом

Рисунок 12 – Варианты компоновки рабочих позиций ОЦ с применением автоматически сменных приспособлений-спутников призматической формы.

2. Дифференциация процесса обработки партии деталей на рабочей позиции по технологическим переходам с чередованием смены инструмента и технологического перехода после обработки каждой партии.

3. Обработка деталей одного или нескольких наименований на рабочих позициях.

4. Многопозиционная обработка с дифференциацией всего процесса обработки одного наименования детали на рабочих позициях системы машин.

5. Сокращение производственной площади.

Применение многосторонней обработки заготовок подразумевает использование автоматизированных станочных систем, в том числе RMS. Что в итоге приводит к ужесточению требований, предъявляемых к точности взаимного расположения узлов станочной системы. Изучение влияния жесткости технологической системы на точность многосторонней обработки могут помочь в обеспечении возрастающих требований. Для установления мероприятий по достижению необходимой жесткости перекомпонованной системы важно иметь представление о балансе упругих перемещений.

Применение приспособлений-спутников призматической формы при многосторонней обработке заготовок происходит одновременно с автоматическим изменением структуры и компоновки при наличии автоматической сменяемости узлов с одновременной сменой обрабатываемой детали, изменением технологического процесса и его структуры.

В проекте выполнена проработка технических решений, обеспечивающих высокую эффективность реализации многосторонней обработки на рабочих позициях и компоновочные решения с применением приспособлений-спутников призматической конструкции (Рис. 13).

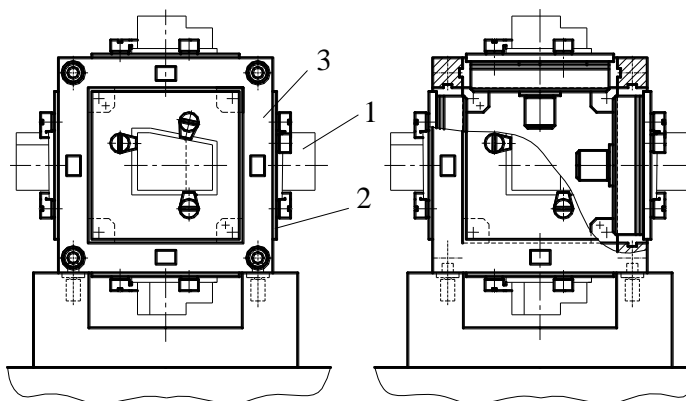


Рисунок – 13 Общий вид приспособления-спутника.

Применяется схема базирования, которая обеспечивает достаточную устойчивость и жёсткость установки станочных узлов перекомпонованной производственной системы, а также требуемую точность ориентации ее узлов. Это означает, что точность установки узлов перекомпонованной производственной системы должна быть не зависима от вариантности взаимного расположения комплекта станочных узлов. В противном случае любое изменение способа базирования или состава комплекта станочных узлов на рабочей позиции приводит к потере точности установки деталей.

Корпус спутника, в этом случае, выполнен в виде правильной прямоугольной призмы с симметрично расположенными относительно каждой грани базовыми отверстиями. Базирование спутника осуществляется по двум диагональным отверстиям, по схеме два пальца и плоскость. Использование базовых отверстий которые расположены симметрично на каждой грани дает возможность применять базирование по типовой схеме. Спутник в этом случае – агрегат, служащий для размещения на боковых гранях 3 корпуса деталей 1, закрепленных на плитах 2. Комплект плит 2 с деталями 1 устанавливается в окнах корпуса носителя 3. Корпус спутника 3 имеет на каждой грани набор равнорасположенных базовых отверстий для его базирования на рабочей позиции фрезерно-расточного станка.

Носитель обеспечивает закрепление заготовок, транспортировку их, а также многостороннюю обработку заготовок на одной позиции.

На рис. 14, 15 изображены эскизы технологических наладок для механической обработки резанием одной заготовки на носителе, для многосторонней механической обработки резанием заготовки на носителе. Далее изображены эскизы наладок для случаев многосторонней, многоместной и многоинструментальной механической обработки резанием одной заготовки с применением носителя призматической формы и нескольких заготовок (Рис. 16, 17, 18).

Рассматривая одновременную обработку нескольких деталей на спутнике призматической формы можно предположить, что существует возможность для

обработки одновременно до шести заготовок, расположенных на соответственно шести гранях спутника, что повышает производительность в сравнении с известными конструкциями технологического оснащения.

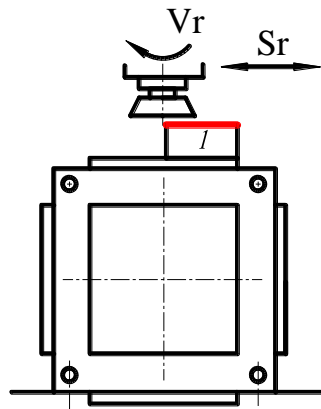


Рисунок 14 – Эскиз наладки для варианта обработки одной детали на спутнике призматической формы.

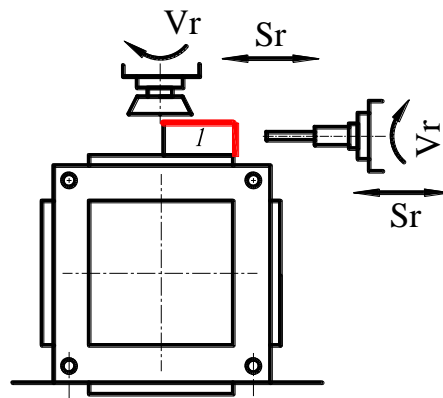


Рисунок 15 – Эскиз наладки для варианта многосторонней обработки одной детали на спутнике призматической формы.

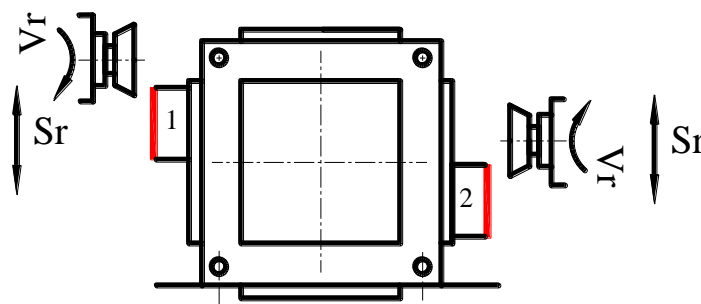


Рисунок 16 – Эскиз наладки для варианта обработки двух деталей на спутнике призматической формы.

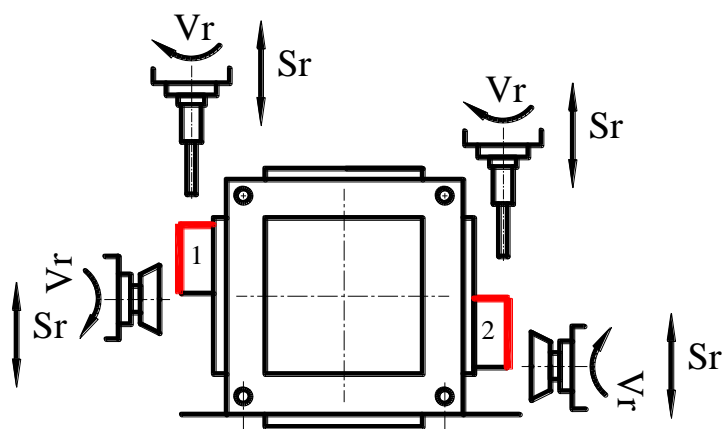


Рисунок 17 – Эскиз наладки для варианта многосторонней обработки двух деталей на спутнике призматической формы.

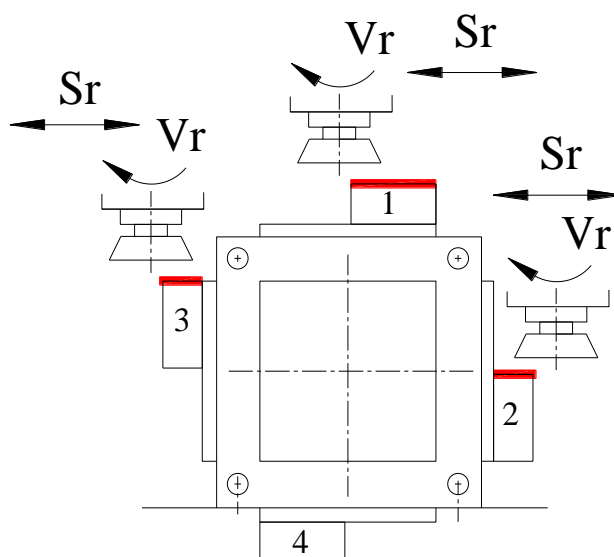


Рисунок 18 – Эскиз наладки для варианта обработки трех деталей на спутнике призматической формы.

Показано, что для решения вопросов концентрации технологических процессов, а также выполнения многосторонней и многоинструментальной обработки корпусных деталей на рабочих позициях фрезерно-расточных станков применение сменных спутников призматической формы является более эффективным, по отношению к известным конструкциям приспособлений АЛ и паллет ГАЛ.

2.2.1 Описание конструкции приспособления спутника.

Приспособление – спутник содержит многогранную раму призматической формы, которая выполнена сборной [11].

Конструкция рамы является сборной и состоит из 8 трехпалых крестовин, выполненных в виде трех выступов призматического сечения равной длины исходящих из общей вершины и взаимно перпендикулярных друг другу. Торцы выступов выполняют опорную функцию. От торца каждого выступа выполнены параллельные выступам ступенчатые сквозные отверстия чьи оси пересекаются в вершине трехпалой крестовины. Так каждая пара крестовин стыкуется друг с другом опорными торцами зеркальным способом надежность соединения стыковки обеспечивает устройство крепления и базирования. Устройство базирования сборное и состоит из трех компонентов – установочный палец с резьбовым отверстием и два винта. Палец устанавливается в ступенчатые отверстия и является соосным им, затем стыкуются сами крестовины и через отверстия в их вершинах вкручиваются винты за счет ступенчатого отверстия при затяжке винта в установочный палец, шляпка винта в итоге упирается ступеньку разности диаметров отверстия чем обеспечивает опору для надежной стяжки крестовин. Для сборки рамы помимо самих трехпалых крестовин необходимо 12 установочных пальцев и 24 винта.

На рис. 19 показано приспособление –спутник, вид сбоку; на рис. 20 – рама приспособления – спутника, аксонометрия; на рис. 11 – крестовина, аксонометрия; на рис. 12 – крестовина, сечение с двухступенчатым отверстием в выступах; на рис. 13 – вариант устройства базирования и крепления выступов с двухступенчатым отверстием.

Приспособление – спутник содержит раму 1, рис. 19, 20 корпус которой выполнен призматической формы, например, в виде куба с ребрами 2. Рама 1 является сборной, имеет окна 3 и внутреннюю полость 4. Со стороны боковых сторон, на гранях рамы 1 установлены с помощью базирующих втулок 5 и закреплены винтами 6 сменные плиты 7. На плитах 7, с различных сторон

приспособления – спутника базируются и крепятся детали традиционными способами (условно не показаны) для многоместной обработки.

Рама 1 выполнена сборной и состоит из трехпалых крестовин 8. Крестовины 8 соединены между собой устройствами базирования и крепления 9. Рама 1 включает восемь крестовин 8. Крестовины 8 имеют трехпалую конструкцию для рамы кубической формы. Каждая крестовина 8 содержит расходящиеся от вершины 10 выступы 11.

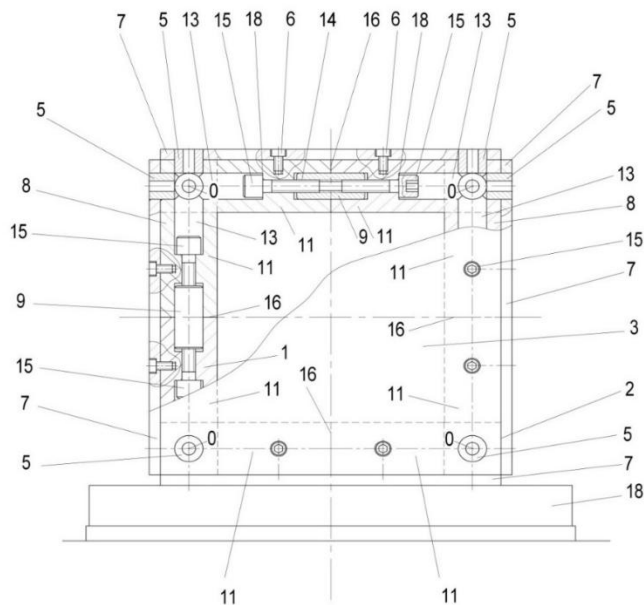


Рисунок 19 – Приспособление –спутник, вид сбоку.

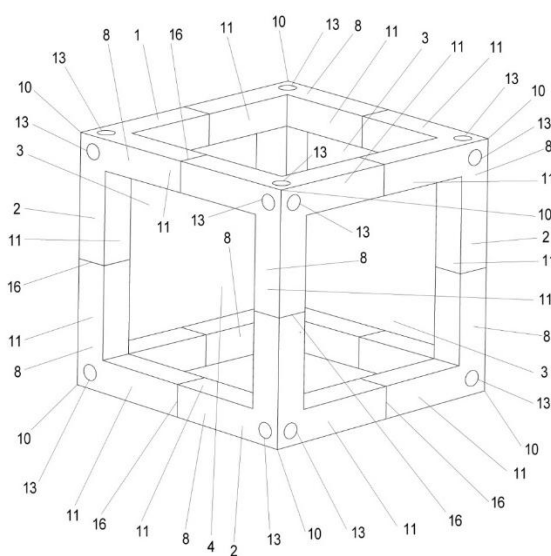


Рисунок 20 – Рама приспособления – спутника в сборе, аксонометрия.

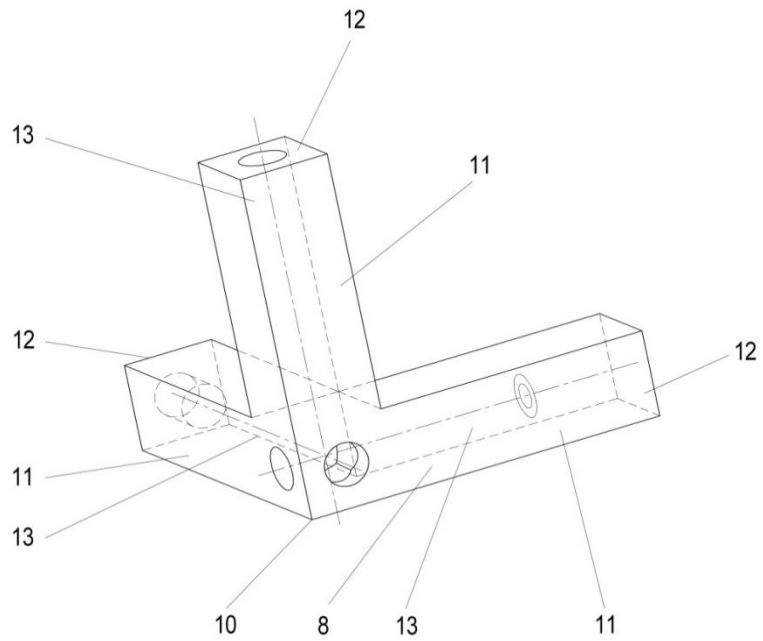


Рисунок 21 – Крестовина, аксонометрия.

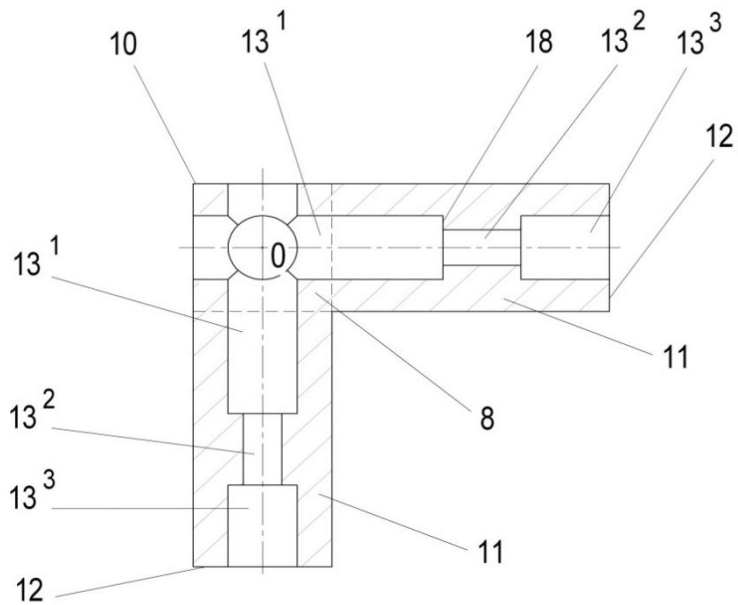


Рисунок 22 – Крестовина, сечение с двухступенчатым отверстием в выступах.

Выступы 11 расположены несимметрично в различных направлениях относительно вершины 10 крестовины 8. Выступы 11 выполнены призматического сечения, имеют боковые грани, сходящиеся к вершине 10 и

опорные торцы 12, рис. 20, 21. Опорные торцы 12 расположены во взаимно перпендикулярных координатных плоскостях для рамы, рис. 8, 9, 10. Внутри выступов 11 имеются продольные ступенчатые отверстия 13 вдоль оси выступов 11. Отверстия 13 выступов 11 сходятся и взаимно пересекаются в точке 0 у вершины 10 внутри крестовины 8, рис. 20, 21. Ступенчатые отверстия 13 выполнены сквозными и имеют вход со стороны вершины 10 на боковой грани крестовины 10 и выход со стороны опорного торца 12 выступа 11 крестовины 8. Двухступенчатое отверстие 13, рис. 21, состоит из трех частей 131, 132, 133 с изменением и чередованием ступеней от большего диаметра 131 к меньшему 132 и от меньшего 132 к большему 133 диаметру. Каждая пара крестовин 8 взаимно соединена между собой парами противоположно направленных выступов 11 и устройства базирования и крепления. Каждая пара противоположно направленных выступов 11 двух соединенных крестовин 8 составляет многогранное ребро 2 рамы 1. Внутри состыкованных выступов 11 установлено устройство базирования и крепления 9 крестовин между собой. Устройство базирования и крепления 9 размещено внутри ступенчатых отверстий 13 и состоит из установочного пальца 14 со сквозным резьбовым отверстием и двух винтов 15, рис. 19, 22. Установочный палец 14 размещен в месте 16 расположения опорных торцов 12. Винты 15 ввинчены в установочный палец 14 с двух сторон. Выступы 11 стянуты винтами 15. Имея несколько выступов каждая крестовина 8 рамы 1 своими выступами 11 соединена с помощью устройства базирования и крепления 9 с выступами 11 различных крестовин 8 рамы 1. Для рамы 1 с жестко соединенными крестовинами 8, рис. 19, 22 выступы состыкованы с прилеганием опорных торцов 12. Рама 1 имеет вариант с плавающими крестовинами 8 относительно установочных пальцев 14 устройства базирования и крепления 9, рис. 18.

Приспособление – спутник собирается и работает следующим образом. Приспособление – спутник применяют для многоместного базирования и крепления обрабатываемых деталей со стороны граней рамы 1 на сменных плитах 7. Обрабатываемые детали, элементы базирования и крепления их на плитах 7 на

фигурах условно не показаны. Приспособление – спутник может установлено на рабочей позиции 18, рис. 19, например, агрегатного станка, автоматической линии, гибкой производственной системы. Рама 1 собрана из крестовин 8. Крестовины 8 взаимно установлены и соединены между собой устройствами базирования и крепления 9, образуя корпус рамы 1 призматической формы с боковыми ребрами 2, боковыми гранями, окнами 3 и внутренней полостью 4. На боковых гранях с различных сторон рамы 1 базируют плиты 7 с применением базирующих втулок 5 и закрепляют их винтами 6 на раме 1. Крестовины своими выступами 11 пространственно- ориентированы и базируются установочными пальцами 14, затем стягиваются винтами 15 устройства базирования и крепления 9. Устройство базирования и крепления 9, включая установочный палец 14 и винты 15 размещены внутри соосно расположенных ступенчатых отверстий 13 каждой пары выступов 11 соединяемых крестовин 8. При этом трехпалые крестовины 8 взаимно соединены своими выступами 11 в трех взаимно перпендикулярных направлениях, базируются относительно друг друга по скользящей посадке на установочных пальцах 14 и стянуты между собой винтами 15. Пальцы 14 размещают в месте 16 стыка выступов 11. При жестком соединении крестовин 8 выступы 11 состыкованы с прилеганием опорных торцов 12. Применяют крестовины 8 с двухступенчатыми отверстиями 13, которые имеют три части изменения диаметров: 131, 132, 133, рис. 22. Установочные пальцы 14 расположены в соосных отверстиях диаметров 133, рис. 21. При соединении крестовин 8 их стягивают винтами 15 с прилеганием в упор головки каждого винта 15 к торцу 18 ступени изменения отверстия 13 от диаметра 131 к диаметру 132.

Твердотельные модели отдельных элементов приспособления-спутника представлены на рис. 23-26. Модель сборки показана на рис. 27. Модели подготовлены в пакете прикладных программ КОМПАС 3D компании Аскон (Россия), версия продукта 14.



Рисунок 23 – Модель элемента устройства базирования.

Модель элемента устройства базирования (Рис. 23) в виде цилиндрической втулки располагается по скользящей посадке в соосном отверстии двух смежных выступов трехпалых крестовин рамы приспособления-спутника (Рис. 24).

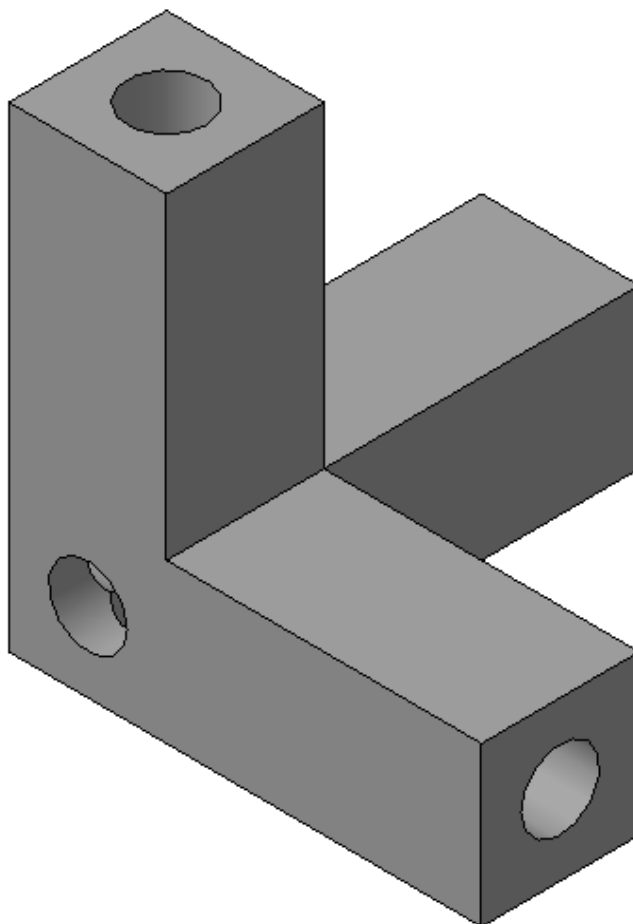


Рисунок 24 – Модель крестовины.

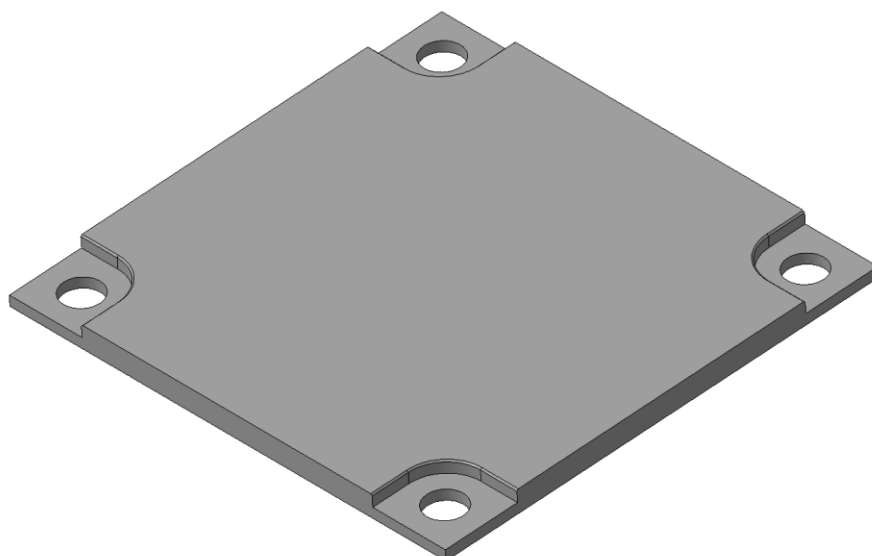


Рисунок 25 – Предполагаемая модель плиты наружной.

По сквозным отверстиям трехпалых крестовин, расположенных на наружных гранях рамы спутника, как результата пересечения наружных граней выступов трехпалых крестовин – происходит установка наружных плит (Рис. 25).

Базирование наружных плит происходит по резьбовой поверхности втулки (Рис.26). Втулка ввинчивается в ответное отверстие крестовины. Наружная поверхность плиты должны иметь Т-образные пазы для установки типовых элементов УСП элементов приспособлений для креплений деталей. Также для установки элементов УСП на поверхности плиты должны иметься сквозные резьбовые отверстия.

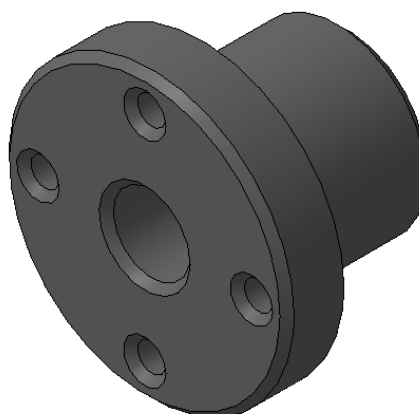


Рисунок 26 – Модель втулки.

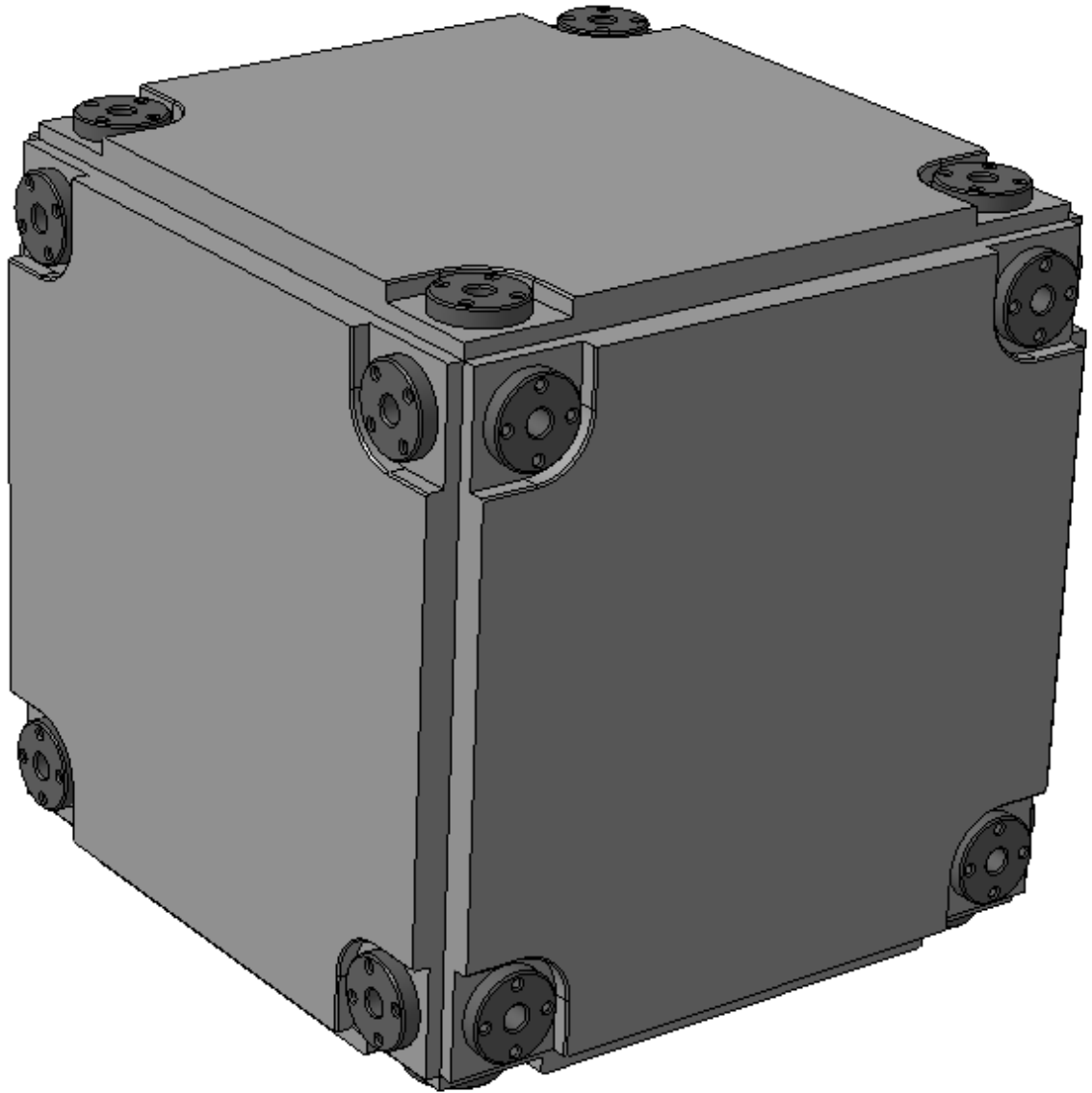


Рисунок 27 – Модель приспособления-спутника в сборе.

Приспособление-спутник в сборе (Рис. 17) устанавливают на столе фрезерно-расточного станка. Производят наладку и выверку заданных установочных размеров, выверку пространственных отклонений формы и геометрии. После чего производят установку элементов УСП приспособлений деталей в Т-образных пазах на каждой грани-плите корпуса спутника, а затем выполняют установку деталей.

2.2.2 Разработка конструкции рабочих поверхностей приспособления - спутника.

При разработке поверхности носителя призматической формы, адаптированной под использование элементов стандартного каталога УСП с пазами 8 мм и 12 мм используется ГОСТ [11,12] регламентирующий проектирование элементов УСП.

Проанализировав конфигурацию спутника был сделан вывод что необходимо спроектировать элемент относящийся к базовой группе элементов УСП. Габаритный размер носителя по раме составляет 500x500x500 мм, следовательно, базовая плита будет размером 500x500 мм и иметь 4 отверстия по углам под крепление на раму носителя. Т. к. плита будет специально предназначена для крепления только на раму носителя то при ее проектировании некоторые моменты из регламента ГОСТа не будут учитываться.

Проектирование квадратной базовой плиты будет происходить в Компас-3D:

Создаем новый проект. Файл → Создать... → Деталь;

Включаем режим параметризации;

Выбираем плоскость XY и нажимаем эскиз;

Строим прямоугольник и проводим диагональ второстепенной линией;

Задаем угол между диагональю и прилежащей стороной 45° ;

Выбираем Параметризация → Точка на середине кривой и указываем диагональ и центр координат;

Проставляем размер стороны прямоугольника равный 500 мм;

Выходим из режима эскиза;

Носитель будет покрыт плитами с пяти сторон одна сторона остается под базирование на рабочем столе станка. Следовательно, конструктивные элементы в виде П-образных пазов и отверстий с резьбой в торцах и обратной стороне плиты не нужны.

Выбираем инструмент выдавливания и выдавливаем эскиз на высоту 20 мм.

Выбираем плоскость перпендикулярную плоскости ХУ и строим Т-образный паз согласно регламенту ГОСТа для УСП-8:

Строим контур Т-образного паза;

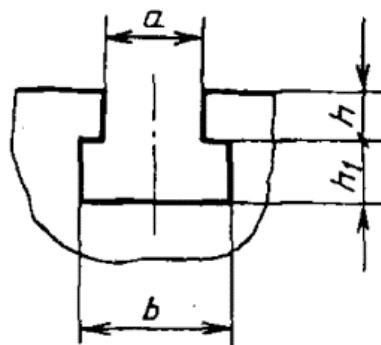
Строим отрезок соединяющий середины верхнего и нижнего сторон эскиза вспомогательной линией;

С помощью инструмента горизонтальность и вертикальность задаем горизонтальность и вертикальность всем отрезкам эскиза соответственно;

Выбираем инструмент коллиниарность и задаем с помощью него чтобы отрезки, лежащие горизонтально между вспомогательным вертикальным отрезком находились на одной мнимой прямой;

С помощью инструмента симметрия по 2 точкам, с начала указываем отрезок вспомогательной линии, а затем ближайшие к ней крайние точки от двух коллинеарных отрезков;

Проставляем размеры Т-образного эскиза согласно ГОСТу (Рис. 28).



$$a=8 \text{ мм}, b=13 \text{ мм}, h=5 \text{ мм}, h_1=4,2 \text{ мм}$$

Рисунок 28 – Размеры Т-образного паза.

Выбираем инструмент выровнять точки по вертикали и выравниваем середину нижнего отрезка с центром системы координат;

Указываем коллиниарность верхнего отрезка и поверхности плиты;

Выходим из режима эскиз;

Выбираем инструмент вырезать выдавливанием и указываем эскиз Т-образного паза, в параметрах указываем направление выдавливания – два направления и способ построения – через все;

Выбираем инструмент массив по сетке затем кликаем на последнюю операцию в древе построения и указываем параметры количество по оси $500-60)/30+1=15$ шт., шаг – 30 мм, ставим галочку базовый экземпляр и указываем 8;

Выбираем инструмент массив по концентрической сетке и указываем последнюю операцию, на вкладке параметры щелкаем на поле ось массива и выбираем ось перпендикулярную оси массива, созданного на предыдущем шаге, количество по кольцевому направлению 2, шаг 90° между соседними экземплярами;

Создаем технологические площадки под будущие отверстия под посадку втулок.

Выбираем поверхность со стороны T-образных пазов и входим в режим эскиза;

Выбираем прямоугольник и строим из него квадрат аналогично первому шагу построения плиты со стороной 50 мм, строим скругления R25 мм по диагонали от угла плиты;

Совмещаем угол квадрата и угол плиты инструмента коллиниарность;

Выходим из режима эскиза и выбираем инструмент вырезать выдавливанием и вырезаем квадрат на глубину 13 мм;

Выбираем операцию выдавливания выбираем последний эскиз, указываем направление обратное, через все, тонкая стенка наружу 10 мм;

Выбираем внутреннюю поверхность плиты и входим в режим эскиза затем строим окружность радиусом 25 мм на расстоянии 25 мм от прилежащих граней плиты (исключая 10 мм образованные при построении стенки);

Выбираем операцию вырезать выдавливанием выбираем последний эскиз, указываем направление прямое, через все;

Выбираем операцию фаска и создаем фаску $1 \times 45^\circ$ на дуге в углу плиты;

Выбираем массив по концентрической сетке и последние четыре операции выдавливания, затем выбираем ось массива Z, количество 4, шаг между крайними экземплярами 360° ;

Выбираем операцию вырезать выдавливанием выбираем первый эскиз, указываем направление прямое, через все, тонкая стенка наружу 10 мм.

Таким образом была спроектирована плита носителя, унифицированная со стандартным каталогом УСП-8 (Рис 29).

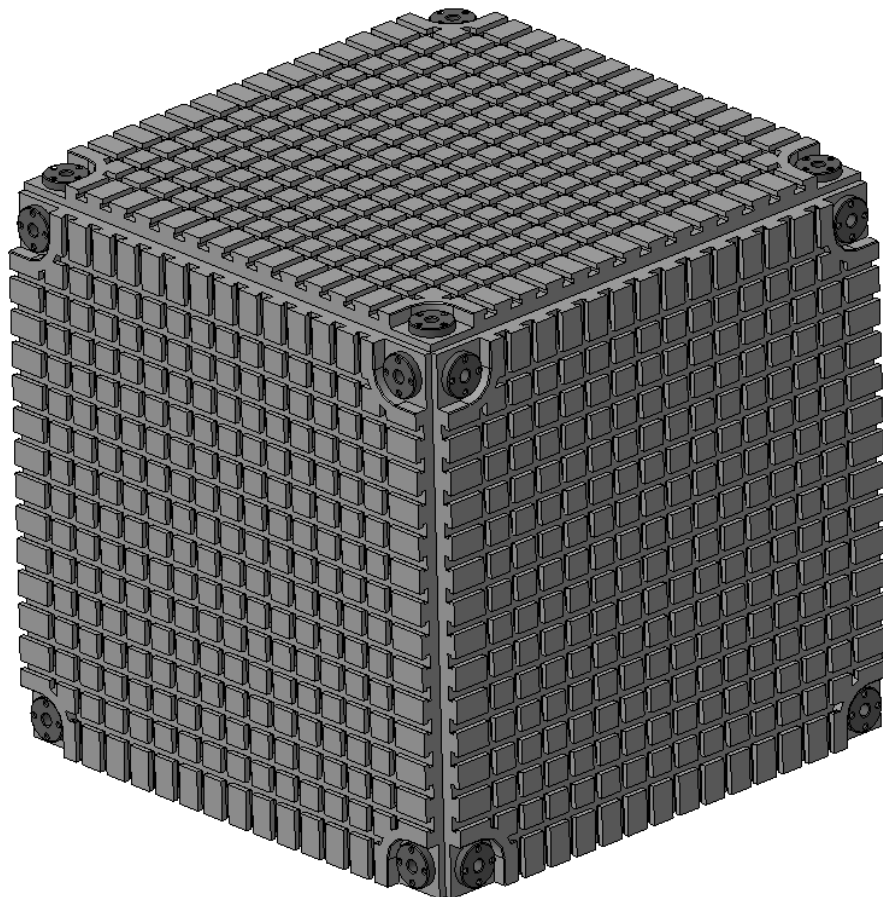


Рисунок 29 – Модель приспособления-спутника в сборе.

2.2.3 Расчет точности.

Применение спутников призматической формы для осуществления многосторонней обработки корпусных деталей предполагает сочетание в процессе технологического воздействия чередование двух основных режимов функционирования узлов RMS. В зависимости от трудоемкости изготовления каждой детали это:

- 1) Установка спутников призматической формы с уже закреплёнными на его гранях заготовками деталей на рабочей позиции. При этом функционируют

узлы вспомогательной системы машин, в то время как инструментальное воздействие на детали отсутствует. Установка спутника включает его базирование и закрепление на рабочей позиции.

2) Инструментальное воздействие на детали, установленные относительно каждой грани спутника. Здесь задействованы обрабатывающие узлы станочной системы. При этом, осуществляя различное сочетание методов инструментального воздействия, реализуется многосторонняя обработка с максимальной концентрацией технологических переходов.

Работа единой станочной системы машин осуществляется независимо в каждом из двух режимов функционирования, и их взаимное полное или частичное совмещение во времени невозможно.

После завершения процесса установки спутник фиксируется на рабочей позиции неподвижно относительно диагональной пары базовых отверстий, при этом, определяющим с точки зрения точности базирования и последующей обработки деталей, является параметр точности изготовления базового межцентрового расстояния L . При базировании с кантованием говорим о смене базовой грани спутника G в соответствии с технологическим маршрутом изготовления деталей и как следствие - влияния на точность обработки деталей погрешности изготовления базовых межцентровых расстояний $L_{(к.с)и}$ смежных граней спутника.

При осуществлении многостороннего воздействия на детали определяющим с точки зрения точности их изготовления, является параметр жёсткости корпуса спутника. Большое количество комбинаций методов технологического воздействия при многосторонней обработке приводит к различным упругим деформациям корпуса спутника и как следствие к потере точности обработки заготовок на различных гранях спутника. Погрешность обработки деталей при переходе от грани к грани будет также варьироваться в зависимости от методов инструментального воздействия, величины и направлений возникающих при этом упругих деформаций.

Необходимо учитывать погрешность для трех слоёв базирования заготовки (Рис. 30), чтобы иметь возможность определить общую погрешность установки заготовки на грани спутника [10]:

1. погрешность установки детали в приспособлении спутника;
2. погрешность установки приспособления на спутнике;
3. погрешность установки спутника на рабочей позиции.

Определение общей погрешности установки детали содержит погрешности для трех слоёв базирования и формулируется как геометрическая сумма по каждому слою базирования составляющих погрешности согласно:

$$\varepsilon_{\partial H} = \sqrt{\varepsilon_{(k.c_1)_{y\partial}}^2 + \varepsilon_{(k.c_2)_{yn}}^2 + \varepsilon_{(k.c_3)_{yn}}^2} \quad (1)$$

где $\varepsilon_{\partial H}$ - общая погрешность относительно рабочей позиции установки детали на носителе, $\varepsilon_{(k.c_1)_{y\partial}}$ - погрешность установки по первому слою, $\varepsilon_{(k.c_1)_{yn}}$ - погрешность установки по второму слою, $\varepsilon_{(k.c_1)_{yn}}$ погрешность установки по третьему слою.

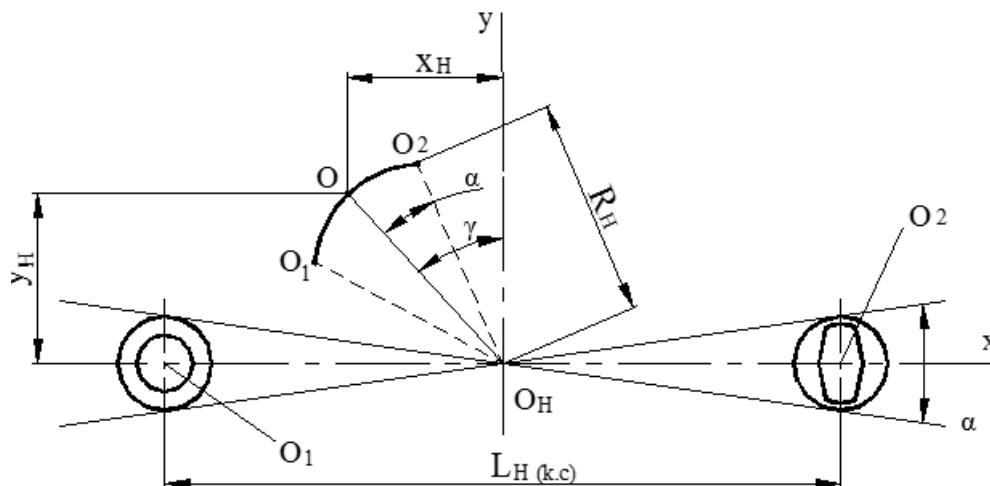


Рисунок 30 – Расчетная схема определения погрешности базирования спутника.

Зная сколько вариантов применения наладок и исполнений спутника ($k=c=1,2,3 \dots N$), обладая тремя слоями базирования появляется возможность рассмотреть влияние погрешности базирования носителя на точность обработки деталей.

Так при установке спутника (Рис.30) по схеме базирования диагонально расположенных отверстий O_1 и O_2 его корпуса с межцентровым расстоянием $L_{(k.c)n}$ относительно центра грани $O_{нб}$, а также с применением двух установочных пальцев произойдет смещение точки начала системы координат детали O на расстояние O_1-O_2 к этому приводит наличие зазоров $S_{(k.c)max}$ в опорных втулках между отверстиями O_1 и O_2 и базирующими пальцами. Обязательно учитывается точность размеров корпуса спутника Y_n и X_n при расчете.

Рассмотрим расчётную схему на рисунке 30. Согласно [11] погрешность $\varepsilon_{\delta x(k.c)} = \varepsilon_{\delta y(k.c)}$ при линейном смещении установочных пальцев в направлении OX и OY происходит в процессе установки спутника на рабочей позиции в сколь угодно малый промежуток времени $t_{(k.c)}$ (где $(k=c= 1,2,3\dots N)$) до полного сокращения предельных $S_{(k.c)max}$ зазоров между установочными пальцами в отверстиях $O1$ и $O2$ его корпуса.

$$\varepsilon_{\delta x(k.c)} = \varepsilon_{\delta y(k.c)} = \pm \frac{S_{k.c \max}}{2} \quad (2)$$

где $\varepsilon_{\delta x(k.c)}$, $\varepsilon_{\delta y(k.c)}$ - погрешность из-за линейного смещения установочных пальцев в сторону OX и OY ,

$S_{(k.c)max}$ - зазоры в опорных втулках между O_1 и O_2 .

Выражение (2) определяет погрешность базирования спутника для рассматриваемого в проекте варианта его установки на рабочей позиции, где в качестве опорной базы используется нижняя грань его корпуса с диагонально расположенными базирующими отверстиями, при этом на рабочей позиции используются жестко установленные базирующие пальцы цилиндрической и ромбической форм [11]. В этой связи выражение (2) справедливо для определения погрешности установки детали в элементах УСП на грани спутника.

Проанализировав схему (Рис. 30) видно, что точность установки спутника по слою базирования три – будет увеличиваться по мере увеличения размера межцентрового расстояния $L_{(к.с)н}$.

Это говорит о том, что техническое решение спутника, выбранное в работе с прямоугольной призмой корпуса правильно обеспечивает более высокие показатели точности базирования при равных условиях обработки деталей на спутниках стандартной конструкции АЛ или паллет ГАЛ (рис. 16-19).

Благоприятный эффект точности базирования будет увеличиваться с увеличением габаритных размеров спутника, в то время как для конструкции АЛ и паллет ГАЛ в их стандартной виде не характерно. При механической обработке больших заготовок на спутнике эффект будет таким же положительным, как и для случая с многосторонней обработкой одной рабочей позиции разных размеров деталей в RMS (слой базирования один, два).

Необходимо учитывать так же угловое смещение корпуса спутника для слоев базирования один и два спутника при многосторонней механической обработке детали в плоскости установочной грани на угол α (Рис. 30). Угловая погрешность базирования в этом случае будет определяться выражением:

$$\varepsilon_{\delta\alpha(к.с)} = \frac{S_{к.с\ max}}{L_{к.с\ н}} \quad (3)$$

Уравнение (3) указывает на влияние предельных зазоров $S_{(к.с)max}$ в опорных втулках между отверстиями O_1 и O_2 с учетом величины межцентрового расстояния $L_{(к.с)н}$ на образование погрешности угловых смещений спутника $\varepsilon_{\delta\alpha(к.с)}$.

Используя уравнение (3) вычисляется величина прироста (запаса) точности базирования спутника $\Delta\varepsilon_{\delta\alpha}$ с увеличением его габаритов (ширины и высоты), для случая многосторонней механической обработки разных размеров деталей на одной рабочей позиции RMS.

k_L – коэффициент учитывающий увеличение величины межцентрового расстояния L грани G корпуса спутника, равный:

$$k_L = \frac{L_1}{L_2} \quad (4)$$

где $L_2 \geq L_1$. Также согласно (3) верно равенство $L_1 = k_L \cdot L_2$ (5)

Сопоставив выражения (2-5) следует:

$$\Delta \varepsilon_{\delta\alpha} = \frac{S_{k.c. max}}{k_L \cdot L_2} - \frac{S_{k.c. max}}{L_2} = \frac{S_{k.c. max} \cdot (1 - k_L)}{k_L \cdot L_2} \quad (6)$$

Исходя из (6) при постоянных условиях установки спутника, и одной схемы базирования величины зазоров $S_{(k.c.)max}$ обеспечиваются одинаковые. Исходя из выше сказанного, уравнение (6) доказывает, что точность базирования спутника с более крупными габаритами больше на величину $\Delta \varepsilon_{\delta\alpha}$.

Относительно погрешности обработки детали на спутнике возьмём, принадлежащую детали, на точку D . Точность базирования детали относительно края спутника (слой базирования три), его корпуса (слой базирования два) и установочных пальцев (слой базирования один) возможно определить через (3) и (6) (Рис. 31.). Одинаковые элементы базирования (базирующие втулки и установочные пальцы одинаковых диаметров) применяются для различных вариантов компонования спутников на рабочей позиции, очевидно, что для обрабатываемого комплекта станочной системы машин, эта величина неизменна.

Изменение положения корпуса спутника на величину $\varepsilon_{\delta\alpha(k.c)}$ происходит, в процессе обработки, определяемую согласно (3) на величину угла α . Из-за этого происходит изменение положения грани спутника с исходного G_T до фактического положения G_ϕ . То же можно утверждать для детали – она меняет свое положение с исходного D_T до фактического положения D_ϕ . При этом имеем чередование значений межцентровых расстояний от $L_{(k.c)T}^T$ до $L_{(k.c)\phi}^\phi$.

Анализ схемы (Рис. 31) показывает, что погрешности величин межцентровых расстояний между базирующими отверстиями $L_{(к.с)н}$ и расстояния R_n от центра грани O до точки детали D являются лимитирующими по степени оказываемого влияния на точность базирования деталей.

Величина $L_{(к.с)н}$ является ключевой для нахождения влияния погрешности изготовления базового межцентрового расстояния между диагональными базовыми отверстиями спутника и погрешностью обработки деталей на спутнике ε_n .

Величина R_n является определяющей при определении взаимосвязи погрешности обработки деталей на спутнике ε_n от величины упругих деформаций, возникающих при многосторонней обработке (Рис. 31).

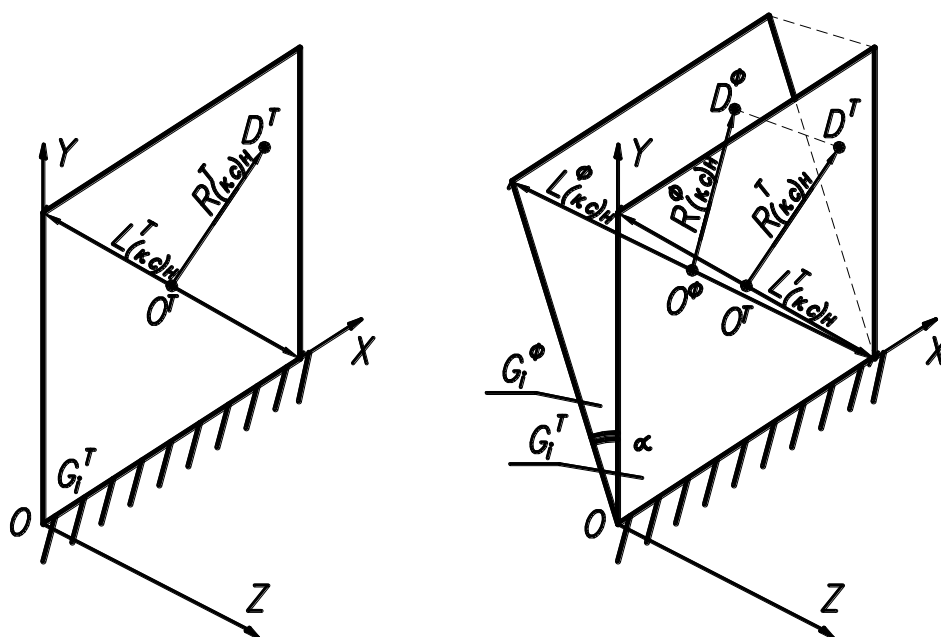


Рисунок 31 – Схема к расчету точности базирования детали относительно грани спутника, его корпуса и установочных пальцев.

Аналитическое выражение общей погрешности базирования детали на носителе получаем сопоставляя расчетные схемы на рисунках 30 и 31:

$$D_T D_\Phi = \varepsilon_{n(k.c)} = \frac{S_{(k.c)\max}}{L_{(k.c)n}} \cdot R_n \quad (7)$$

где $S_{(k.c)\max}$ – максимальное значение зазоров в зажимных опорах детали, приспособления и спутника;

$L_{(k.c)n}$ – межцентровое расстояние между базирующими отверстиями спутника O_1 и O_2 ;

R_n – расстояние конкретной точки D взятой на детали относительно середины расстояния $L_{(k.c)n}$ (точка O).

Выражение (7) с учетом погрешности каждой из составляющих погрешности установки деталей при многосторонней обработке имеет вид:

$$\varepsilon_n = \frac{S_{(k.c)\max}}{(L_{(k.c)n} + \omega_{L_{(k.c)n}})} \cdot (R_n + \omega_{R_n}) \quad (8)$$

где, ω_{R_n} - погрешность, определяемая относительным удлинением от заданного, величины R_n из плоскости грани G_i^T в плоскость G_i^Φ , вследствие упругих деформаций спутника при многосторонней обработке.

В зависимости от технологического процесса многосторонней обработки, установка носителя на рабочей позиции RMS осуществляется со сменой базовой грани G. При этом значения заданных параметров точности базирования спутника с закрепленными деталями должны выдерживаться для обеспечения заданной точности многосторонней обработки относительно всех его граней. Его боковые - нагруженные грани и базовая грань находятся в разных условиях при многосторонней обработке деталей на спутнике. Наблюдается упругое смещение нагруженных граней его корпуса и изменение фактического значения величины $L_{(k.c)n}$. Происходит наложение на точность многосторонней обработки деталей при кантовании, погрешности взаимного расположения базовых отверстий спутника,

расположенных на смежных гранях его корпуса. Из этого следует, что имеет место наложение упругих деформаций корпуса спутника на взаимное расположение базовых отверстий и при их изготовлении, и на точность многосторонней обработки деталей в RMS.

По причине слишком малых показателей величин относительных удлинений и упругих деформаций, можно принять относительное удлинение величины R_n равным длине отрезка $D^T D^\Phi$ (Рис. 31), получим:

$$\omega_{R_n} = R_n^T - R_n^\Phi \approx \omega_{L_{(k.c)_n}} . \quad (9)$$

Где, $\omega_{L_{(k.c)_n}}$ - погрешность обработки базового межцентрового расстояния между двумя диагональными базовыми отверстиями одной из граней спутника. Выражение (8) примет вид:

$$\varepsilon_{n k.c} = \frac{S_{(k.c)max}(R_{k.c \text{ н}} + \omega_{L_{k.c \text{ н}}})}{(L_{k.c \text{ н}} + \omega_{L_{k.c \text{ н}}})} \quad (10)$$

Объединив (1), (2), (3), (10) с учетом влияния погрешности установки детали на грани спутника - получим выражение влияния точности базирования спутника на точность многономенклатурной обработки заготовки в общем виде.

$$\varepsilon_{dн} = \sqrt{(S_{(k.c)max})^2 + \left(\frac{S_{k.c \text{ max}}}{L_{k.c \text{ н}}}\right)^2 + \left(\frac{S_{(k.c)max}(R_{k.c \text{ н}} + \omega_{L_{k.c \text{ н}}})}{(L_{k.c \text{ н}} + \omega_{L_{k.c \text{ н}}})}\right)^2} \quad (11)$$

Исходя из (11) суммарная погрешность обработки заготовки на спутнике, установленной его на грани, будет состоять из сочетания составляющих величины погрешности, возникающей при работе каждого из режимов функционирования спутника и RMS.

Вышесказанное дает возможность учитывать особенности базирования спутника призматической формы на рабочей позиции, изучить влияние

параметров точности изготовления его базирующих отверстий и жесткости корпуса на точность многосторонней обработки деталей.

2.3 Прикладная библиотека Компас 3D «Стандартные каталоги УСП. Проектирование».

Платформой разработки стал Компас-3D V14 SP2 данная версия широко распространена и имеет хорошую совместимость с последующими версиями.

Практическая реализация началась с поиска нормалей машиностроения, которые были указаны в старых каталогах, данные нормали были переработаны и приведены в соответствие с текущим ГОСТом на УСП. Следующим шагом стало моделирование трехмерных моделей. Так как элементов УСП в каждом каталоге насчитывается большое количество к примеру, в каталоге УСП с пазами 8 мм их 1204 типоразмера логичнее проводить моделирование элементов в параметрическом режиме. Плиты прямоугольные шириной 90 мм имеют 4 типоразмера при этом для них создается лишь одна параметризованная трехмерная модель. Данный подход позволяет резко сократить время на моделирование библиотеки трехмерных элементов УСП, а это является самой трудоемкой частью работы.

Рассмотрим наглядный пример параметризации типовой базовой плиты 7081-0301 из каталога стандартных элементов УСП с пазами 8 мм в упрощенном представлении. И постараемся построить параметризованную модель которая будет способна описать остальные типовые плиты, приведенные в таблице 1 ниже.

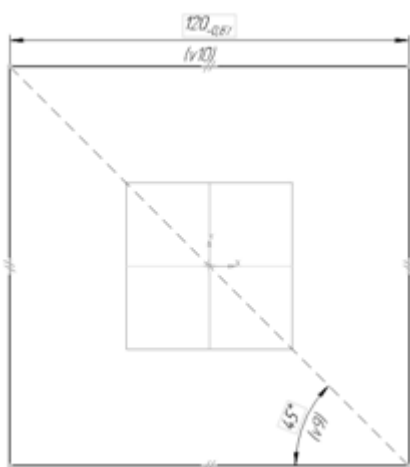
Как видно из размеров и наименования элемента: «Плита квадратная» все типовые элементы производные от нее будут отличаться только размерами по длине и ширине в то время как высота остается постоянной.

Все работы будем производить в Компас 3D.

Первым делом строим квадрат и назначаем переменные (Рис. 32).

Таблица 1 – Фрагмент стандартного каталога УСП с пазами 8 мм

Наименование	Эскиз	Обозначение	Основные размеры, мм	Масса, кг
Плиты квадратные		7081-0301	LxВxH	1,832
		7081-0302	120x120x30	2,734
		7081-0303	150x150x30	3,849
		7081-0304	180x180x30	6,808



Имя	Выражение	Значение	Комментарий
Деталь (Тел-0)			
⊕ (r)Начало координат			
Эскиз:1			
v8		0.0	
v9	45.0	45.0	Угол
v10	120.0	120.0	Длина стороны

а)

б)

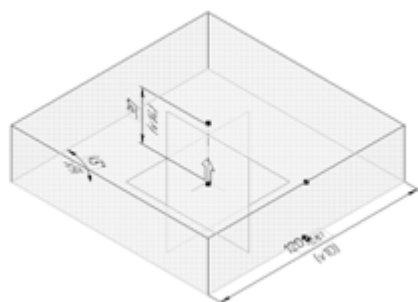
а) параметризированный эскиз, б) переменные.

Рисунок 32 – Параметризация эскиза.

Прокомментируем все построение:

- Выбрали плоскость XY в режиме эскиза;
- Создали прямоугольник;
- Указали параллельность противоположащих сторон;
- Провели диагональ и сделали ее второстепенной геометрией;
- Указали угол 45° и зафиксировали его;
- Указали совпадение середины диагонали с точкой в центре координат;
- Указали сторону квадрата 120 мм.

Следующем нашим действием будет вытягивание квадрата на высоту 30 мм и ее фиксация в переменной (Рис.33).

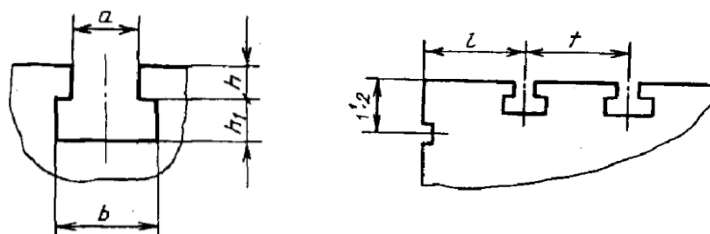


Имя	Выражение	Значение	Комментарий
Деталь (Тел-1)			
Начало координат			
Эскиз:1			
v8		0.0	
v9	45.0	45.0	Угол
v10	120.0	120.0	Длина стороны
Операция выдавливания:1			
v11		0.0	
v14	30.0	30.0	Высота плиты
v16		0.0	

а) выдавливание б) список переменных

Рисунок 33 – Параметризация.

Теперь построим Т-образные пазы согласно ГОСТу (Рис. 34, таблица 2)



а) б)

а) Размеры, паза; б) Шаг пазов

Рисунок 34 – Конструкция.

Таблица 2 –Размеры.

Серия	A (предельное откл. по Н7)	h (предельное откл. по js 15)	h ₁		l		t	
			Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.	Номин.	Пред. откл.
2	8,0	5,0	4,2	H14	15,0	js7	30	H8

Строим Т-образный паз с размерами $a=8$, $h=4,2$, $h_1=5$, $b=13$ на одном из торцов параллелограмма.

Нарисовав контур нашего Т-образного паза приводим его к ГОСТу назначая ограничения:

- Параллельность противоположащих сторон;

- Строим вспомогательную геометрию и задаем ограничения на пересечения с сторонами паза в серединах;

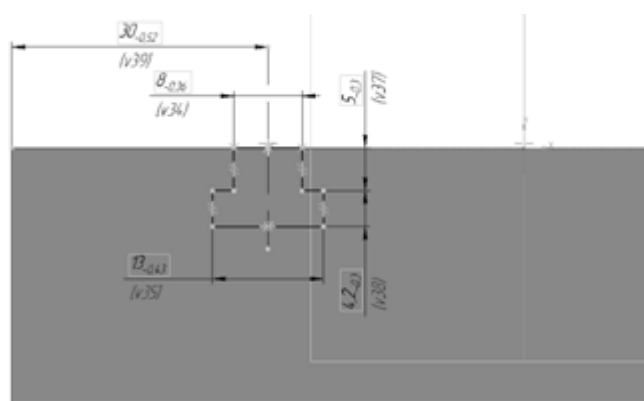
- Накладываем совпадение на верхнюю сторону паза и ребро плиты;

- Проставляем размеры согласно ГОСТу и фиксируем переменные;

- Проставляем расстояние от торца плиты до середины паза.

Результаты на рис. 35.

Имя	Выражение	Значение	Комментарий
[-] Деталь (Тел-1)			
[-] (т)Начало координат			
[-] (f) Эскиз:1			
v8		0.0	
v9	45.0	45.0	Угол
v10	120.0	120.0	Длина стороны
[-] Операция выдавливания:1			
v11		0.0	
v14	30.0	30.0	Высота плиты
v16		0.0	
[-] Эскиз:2			
v33		0.0	
v34	8.0	8.0	a
v35	13.0	13.0	b
v37	5.0	5.0	h
v38	4.20	4.20	h1
v39	30.0	30.0	l



а)

б)

а) переменные в программе Компас-3D; б) параметризация Т-образного паза

Рисунок 35 – Параметризация Т-образного паза.

И теперь осталось сделать самое главное – собственно вырезать паз в плите. Так как пазы у нас будут еще и поперек то нам нужно указать не длину, на которую мы будем вырезать, а скажем что нам нужно вырезать через все плоскости, которые попадутся на пути. Результат показана на рис. 36.

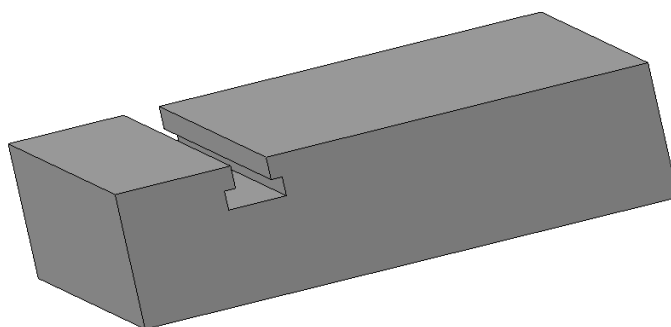


Рисунок 36 – Плита с вырезанным пазом.

Мы имеем только один паз, но согласно рисунку 3 при отступе от торцов 30 мм и общей длинны плиты 120 мм должно быть, как минимум 3 паза. Главная цель это создать типовую модель с возможностью получения плит других размеров. Воспользуемся инструментом массивы. Он позволяет создавать копии объектов, полученные на предыдущих операциях. Все что нам нужно это задать количество копий и шаг между ними. Шаг между копиями не измениться (для данной типовой плиты) но вот количество копий должно меняться в зависимости от габаритов плиты. Длина плиты 120 мм отступ от торцов с каждой стороны 30 мм, расстояние между пазами по середине 30 мм. Выходит, простенькая формула $(120-30) / 30=3$ включая оригинальный паз, т.е. по ГОСТу на плите 120x120 мм можно сделать только 3 Т-образных паза в вдоль и поперек т.е. 3x3. Результат на рис. 37.

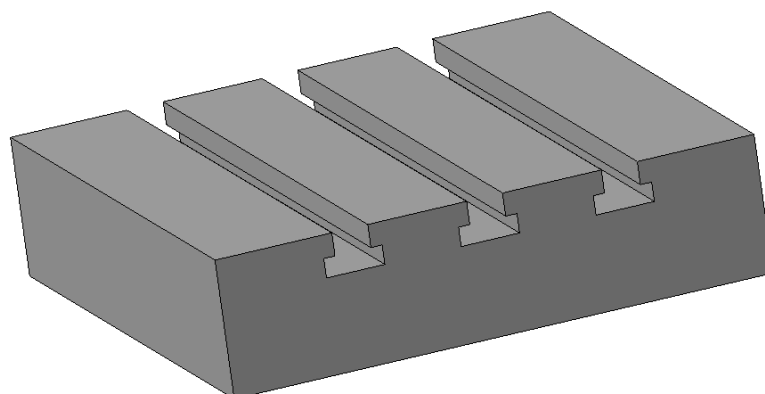


Рисунок 37 – Массив Т-образного паза.

Аналогичные действия проведем с перпендикулярным торцом результат показан на рисунке 38.

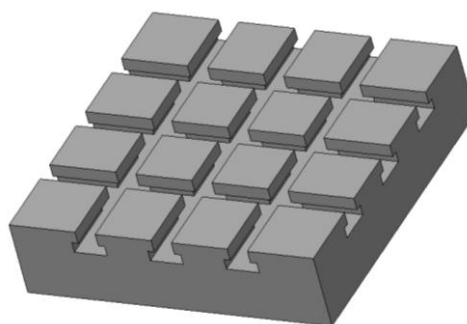


Рисунок 38 – Построение Т-образных пазов.

Пару замечаний по построению: торец брать прилежащий к торцу на котором мы строили первый паз и от которого идет построение плиты.

Теперь рассмотрим построение «карманов» и ребер жесткости:

- выберем поверхность основания плиты;
- построим параметризированный эскиз контура «кармана»;
- вырежем на толщину 11 мм эскиз из плиты.

Результаты приведены на рис. 39, а ограничения, наложенные на эскиз ниже:

- все ограничения согласно ограничениям эскиза базовой плиты;
- сторона квадрата рассчитывается по формуле: $L-2 \cdot 17,5$;
- скруглены углы $R11,5$ один фактический фиксированный остальные ссылаются на оригинал;
- эскиз вырезан на фиксированную глубину 11 мм;
- по периметру делаем скругления $R1$.

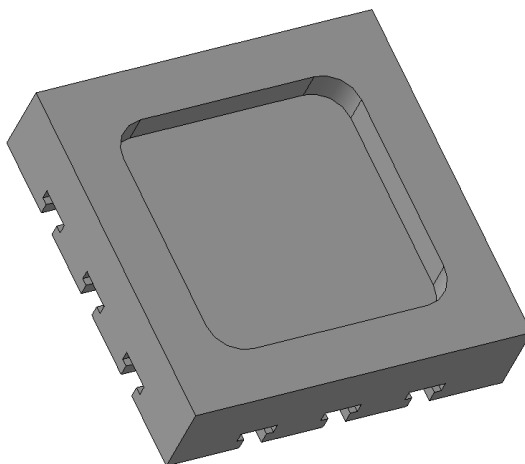


Рисунок 39 – Построение «кармана».

Теперь займемся построение отверстий в пересечениях Т-образных пазов. Здесь некоторые отличительные особенности у Компаса, так как поверхности на которых мы будем делать отверстия образованы в следствии вырезания паза по эскизу то во избежание ошибок нам понадобится построить дополнительную плоскость, лежащую в плоскости образованных пазов. И уже на ней мы будем строить эскиз отверстия. Почему так? Потому что при перестроении детали

отверстие, а точнее весь массив теряет опорную плоскость на которой строился эскиз отверстия.

И так нам нужно построить столько отверстий сколько мы имеем пересечений пазов. Для этого нам необходимо построить одно отверстие сделать на нем фаски и построить двумерный массив этих отверстий с фасками.

Приступим к построению отверстия:

- строим дополнительную плоскость параллельную плоскости ХУ на фиксированном расстоянии 9,2 мм от нее;
- строим эскиз отверстия на этой плоскости;
- указываем диаметр 12 мм;
- расстояние до угла двух прилежащих сторон и центра окружности по горизонтали и вертикали одинаковое 30 мм;
- выбираем вырезание и указываем до поверхности кликаем на поверхность со стороны кармана;
- выбираем построение фасок;
- указываем длину 0,5 и угол 45°;
- указываем внутреннюю поверхность отверстия;
- выбираем построение массивов;
- выбираем элементы вырезания и фаски;
- делаем двумерный массив, по одному направлению делаем шаг 30 мм, по второму так же шаг 30 мм и угол раствора -90° если направление построения массива противоположено нужному;

Результаты представлены на рисунке 40.

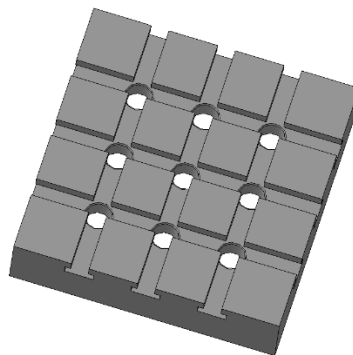


Рисунок 40 – Построение массива отверстий с фаской.

Теперь построим П-образные пазы на в плоскости основания плиты.
«В принципе ничего нового и мало чем отличается от построения Т-образных пазов. Входные данные согласно рисунку 41. $A=12$ мм, $h=3$ мм.

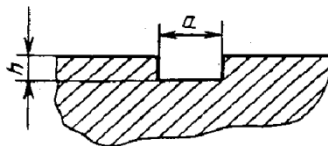


Рисунок 41 – Размеры под П-образный паз.

Результаты представлены на рисунке 42.

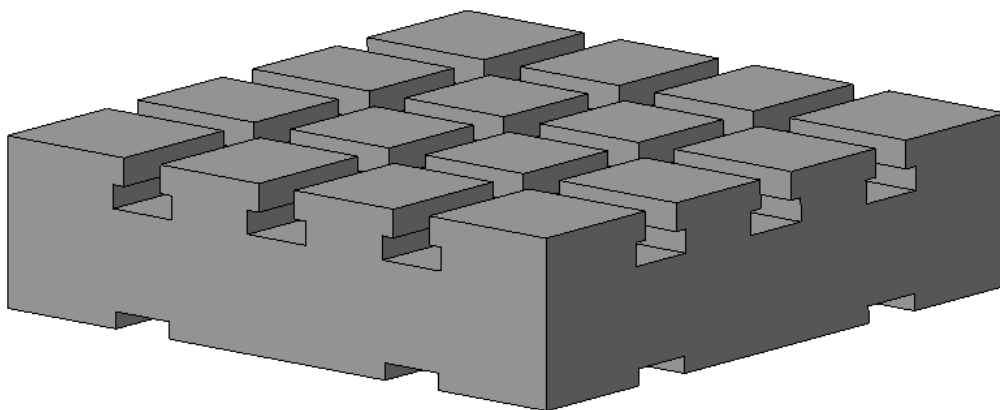


Рисунок 42 – П-образные пазы на основании плиты.

Финальным штрихом в построении модели будет создание П-образных пазов на торцах плиты. Размеры пазов те же, проходить они должны по середине вдоль торца. Результаты на рисунке 43.

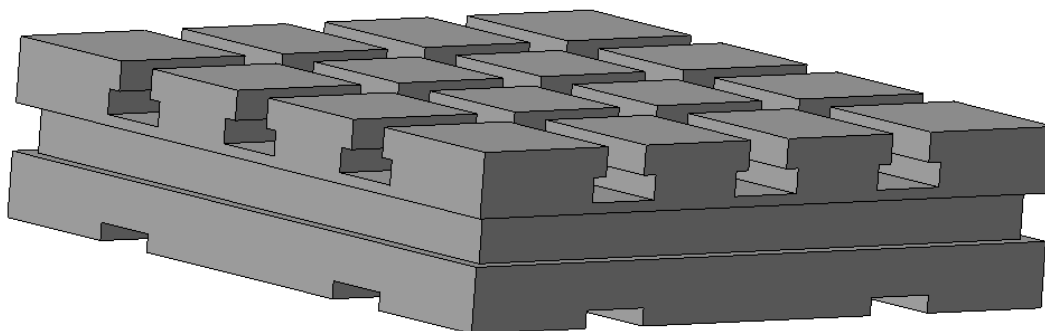


Рисунок 43 – Готовая типовая базовая плита.

Вот у нас и получилась готовая базовая плита остальные плиты из Таблицы 1 будут автоматически строиться при изменении всего одного параметра. Ниже приведена плита 240x240 автоматически сгенерированная из данной (Рис. 44).

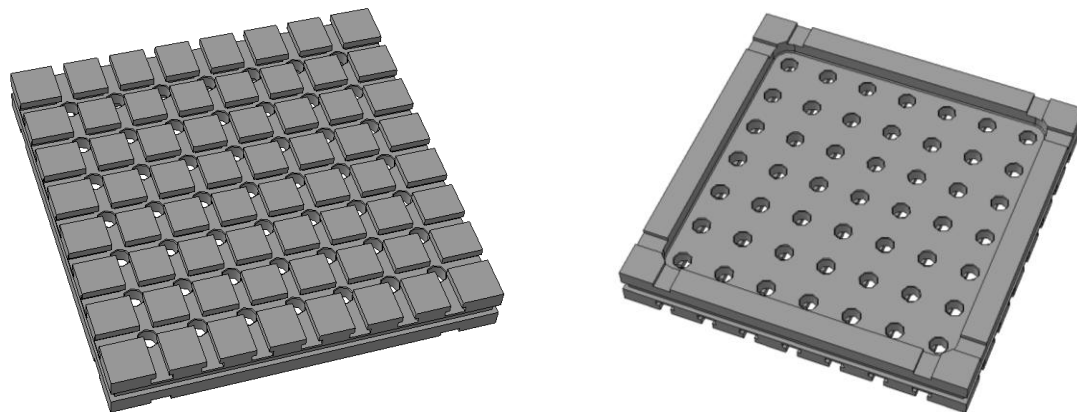


Рисунок 44 – Вид типовой плиты 240x240.

Данный пример наглядно показывает все плюсы применения параметризованного режима. Проанализировав нормали машиностроения, относящиеся к элементам УСП стандартного каталога с пазами 8 мм был сделан вывод, что для 1204 элементов необходимо создать не менее 300 параметризованных трехмерных моделей.

В результате моделирования я получил электронную параметризованную библиотеку элементов стандартного каталога УСП. Используя данную библиотеку появилась возможность собирать технологическое оснащение любой сложности под любую операцию и деталь.

Ранее спроектированные унифицированные с УСП плиты для носителя призматической формы так же совместимы с данной электронной библиотекой, что позволяет собирать наладки на многономенклатурные операции из элементов УСП на базе носителя, проводить инженерные расчеты, выпускать по ним монтажные схемы и другую конструкторско- технологическую документацию. Оценивать рациональность и оптимальность данной технологической оснастки. Таким образом инженеру проще найти наиболее оптимальный вариант наладки на операцию для типовой детали. Так же создавать собственные библиотеки сборок,

наладок. При освоении производства очередного изделия инженер берет уже готовое типовое решение, при необходимости незначительно изменяет конструкцию и получает оптимальное решение той или иной типовой задачи основываясь на результатах предыдущего опыта.

2.4 Монтаж приспособления спутник на стол станка с наладкой.

2.4.1 Компоновка специальных приспособлений из элементов УСП.

Технологическая оснастка, собранная из элементов УСП, является специальным и поэтому к его конструкции предъявляются требования, общие для конструкции любого специального приспособления, в частности: в отношении базирования; удобства установки и закрепления обрабатываемой детали с минимальными затратами сил и времени; безопасности работы на данном приспособлении. Силами резания должны противостоять не зажимные устройства, а корпусные или установочные элементы как более жесткие; конструкция приспособления по возможности должна быть максимально простой и т.д.

Но к приспособлениям, собираемым из элементов УСП, предъявляются и свои специфические требования.

Положение элементов сборного приспособления определяется шпонками, а закрепление деталей производится болтами. Чтобы гарантировать стабильность положения собранных элементов, необходимо их фиксировать между собой на 3-4 шпонки и обеспечить достаточно прочную затяжку болтового соединения. Момент затяжки должен быть не менее 6 кгс.м. Ему соответствует усилие затяжки стыка Q равное 3000 кгс (при условии, что коэффициент трения на торце гайки принят равным 0,1, а угол трения в резьбовом соединении $M12 \times 1,5-6^\circ 34'$).

Максимально допустимая величина затяжки ограничена величиной допустимой нагрузки на стержень болта.

Для болтов, применяемых в УСП, эту величину можно принять равной 6000 кгс, с учетом 1,5-2 кратного запаса прочности. Соответственно максимально допустимый момент затяжки будет равным 12 кгс.м.

Затяжку болтовых соединений рекомендуется по возможности производить шестигранными гайками, а не круглыми, так как шестигранные гайки обеспечивают затяжку соединения с моментом величиною от 6 до 14 кгс.м, а гайки круглые со шлицом – от 3,5 до 9 кгс.м.

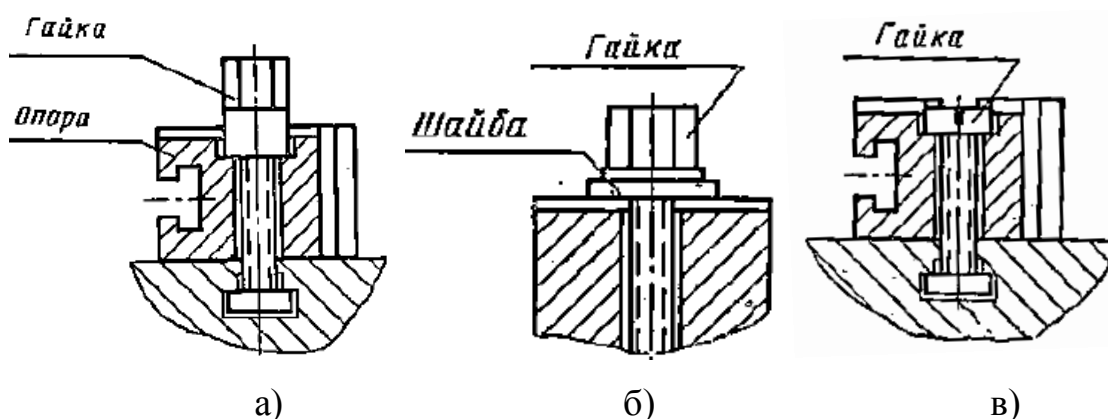
В местах труднодоступных для установки и затяжки шестигранных гаек, ставятся круглые гайки с внутренним шестигранником.

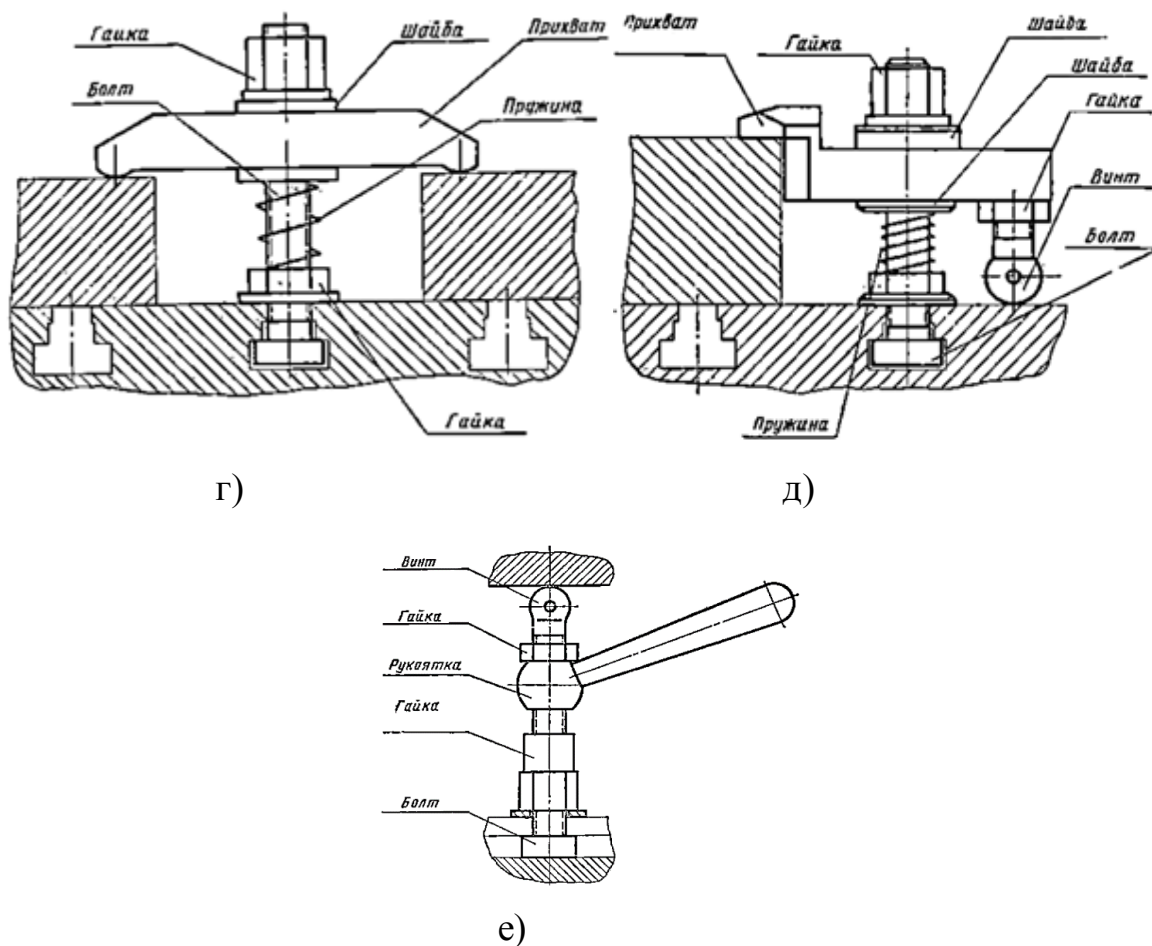
Под гайки, установленные на пересечениях пазов, необходимо подкладывать усиленную шайбу, диаметром 32 мм, или накладки из прихватов.

Конструкция приспособления должна предусматривать свободный выход режущего инструмента с тем, чтобы исключить возможность повреждения элементов. Это требование не распространяется на термически не обработанные детали, изготовленные специально для конкретной компоновки [28-30].

Сборка корпуса приспособления производится на основании, которым обычно служит какая-либо из плит, но не исключается применение и других деталей (корпусных узлов).

Ниже на рисунке 45 приведены стандартные сборки.





а), б), в) Прижим опоры гайкой,
 г), д) Прижим прихватами, е) регулируемая опора.

Рисунок 45 – Стандартные элементы сборки.

Точность взаимного положения деталей в компоновках УСП обеспечивается методом взаимозаменяемости или методом компенсации.

По методу взаимозаменяемости точность размеров обеспечивается сборкой элементов без какой-либо пригонки и без специального, чем достигается высокая производительность при сборке.

Таким образом, собирается большинство деталей компоновок. Предварительные расчет ожидаемой в результате сборки точности конечного звена как правило не производятся.

Но если в случае определенной необходимости ожидаемую точность конечного звена требуется определить до сборки, то это можно сделать расчетным путем.

По методу компенсации достижение заданной точности применительно к сборке УСП осуществляется:

- а) подбором деталей (одной или нескольких по результатам замеров при сборке);
- б) регулировкой взаимного расположения;
- в) в крайне редких случаях изготавливается специальная деталь (тонкая фольга, прокладка, подкладка, кольцо и т.п.).

Размер и допуск для изготовления такой специальной детали назначается по результатам замеров при сборке. Дополнительная обработка элементов УСП не допускается.

2.4.2 Монтаж приспособления спутник на стол станка

Разработанная конструкция приспособления-спутника призматической формы в сборе может быть использована для выполнения многосторонней обработки фрезерованием, растачиванием, сверлением сложных, в том числе фасонных поверхностей деталей (предельные размеры 300х300 мм) на станках с ЧПУ различного исполнения.

Наглядным примером применения такого рода наладок может служить операция фрезерования шпоночного паза на станке ф. Pittler PV 1600 с модификациями 2-1P либо 2-2P (производства Германия) [27](Рис.46).

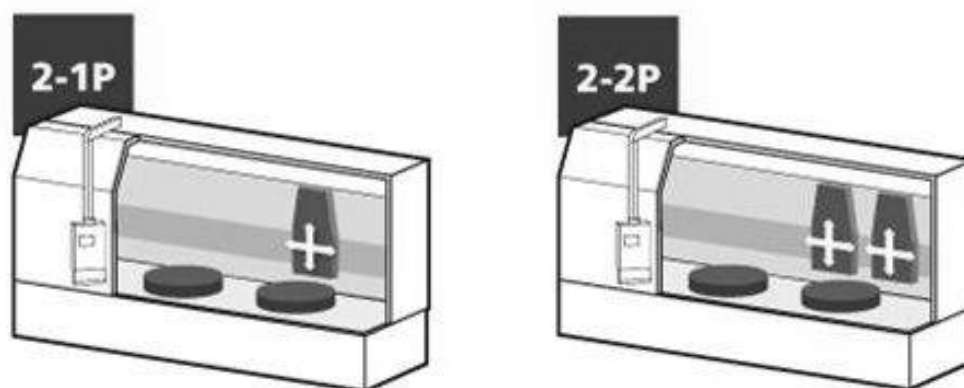


Рисунок 46 – Модификации станка PV 1600 ф. Pittler.

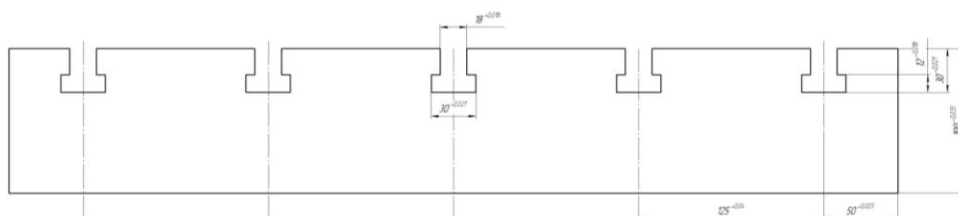
Модификации 2-1Р и 2-2Р отличаются тем что в модификации 2-2Р имеются два шпинделя для одновременной обработки нескольких переходов.

Такая компоновка станка позволяет проводить обработку деталей на одном рабочем месте в то время как оператор производит закрепление деталей на втором. После окончания обработки шпиндели перемещаются во вторую рабочую зону освобождая тем самым для оператора зону с обработанными деталями. Оператор снимает детали и устанавливает на их места новые заготовки. После окончания обработки во второй зоне цикл повторяется. Данный подход к организации работы на операции очень удобен ввиду компактности и непрерывной работы оборудования, а использование УСП сокращает время на замену заготовки. Наглядный вид станка приведен ниже (Рис. 47).

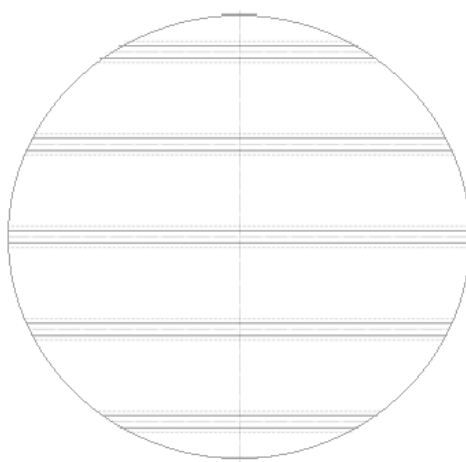


Рисунок47 – Станок PV 1600 2-2Р.

Приспособление-спутник в сборе с закрепленными деталями устанавливают на столе станка (рис. 48)



a)



б)

а) вид сбоку, б) вид сверху

Рисунок 48 – Стол станка PV 1600 2-2P.

Таблица 3 – Характеристики PV 1600 2-2P

Серия PV с осью Y	Единицы измерения	PV 16002-2P
Диаметр фланца шпинделя	mm	800
Диаметр торцевого подшипника	Mm	670
Мощность при 100% использовании	kW	208
Момент вращения при 100% использовании	Nm	23,400
Частота вращения	min ⁻¹	400
Ось Y	Mm	±300
Диаметр точения		1,600
Диаметр точения без оси Y		2,000
Максимальная длина детали	mm	500 (1000)
Максимальный вес детали	кг	5,000

В проекте предложен в качестве одного из вариантов установки спутника способ с применением стандартных и унифицированных элементов универсально-сборных приспособлений (УСП) При этом в качестве элементов базирования спутника используют цилиндрические оправки с установочными пальцами (цилиндрической и ромбической формы).

впрессованы во втулки 12, которые установлены в Т-образным пазам стола станка при помощи планок 13.

Оправки 12 выставляют заранее по Т-образным пазам стола станка на требуемое межцентровое расстояние $L_m = 250 (-0,046)$ мм (см. рис. 22).

Модель предлагаемой в проекте схемы установки спутника на столе станка приведена в Приложении Ж проекта.

Согласно предлагаемой в проекте схемы, переустановка спутника осуществляется путем его перебазирования по установочным пальцам 11 и 14, с чередованием комплекта двух диагональных отверстий каждой грани его корпуса, после чего также происходит его фиксация при помощи прихватов 3 и крепежных элементов 4,5,6.

Таким образом, согласно ТЗ проекта, предложен вариант установки приспособления-спутника призматической формы, где в процессе обработки деталей на станке согласно управляющей программе ЧПУ, осуществляется требуемое взаимное расположение спутника с обрабатываемыми деталями на столе станка относительно режущего инструмента, установленного в шпинделе фрезерно-расточного станка с ЧПУ.

3. Силовые процессы в системе спутник – пяти позиционная многономенклатурная обработка.

3.1 Расчет ANSYS.

Проводить инженерные расчеты будем в универсальной программной системе конечно-элементного анализа ANSYS.

Целью данных расчетов, является доказательство жизнеспособности технологического оснащения, спроектированной базовой поверхности для носителя призматической формы.

Имея собранную наладку (Рис. 50) на пятипозиционную многономенклатурную обработку необходимо сохранить ее для последующей работы в ANSYS в файл с расширением .x_t наиболее адекватно воспринимающуюся программой после экспорта из Компас-3D.

После запуска ANSYS нам необходимо выбрать модуль Static structural. После его выбора необходимо указать ряд обязательных параметров для проведения инженерных расчетов.

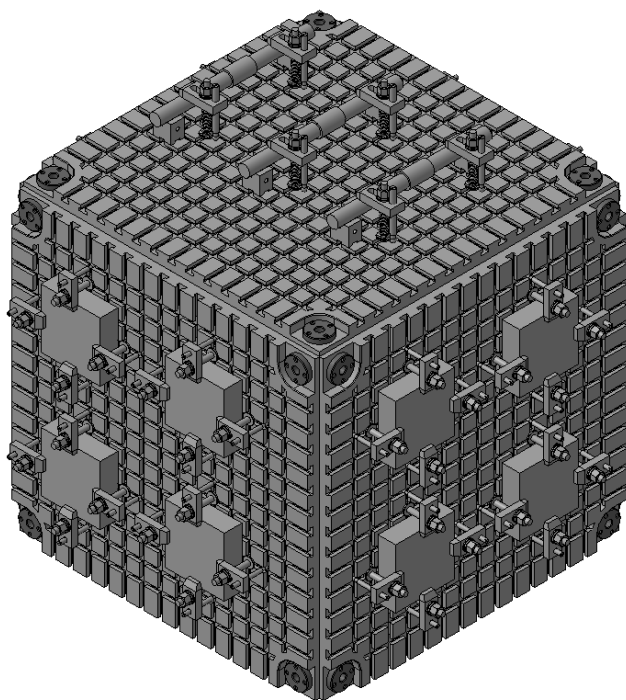


Рисунок 50 – Наладка.

Первый пункт проекта это – Engineering data. Здесь необходимо указать все материалы, участвующие в расчетах. Так материалы указываем согласно главы 2.1, а согласно проведенным исследованиям по точности ясно что носитель призматической формы можно считать целым жестким телом соответственно несущую раму имеет смысл исключить из расчетов.

Следующим этапом необходимо импортировать геометрию и подготовить ее к дальнейшей работе. В окне Design Modeler импортируем нашу наладку, которую мы импортировали в .x_t формат из компаса предварительно. По завершении импорта жмем Generate (Рис. 51).

Теперь необходимо упростить импортированную геометрию для этого жмем Body operation, в поле Type выбираем Simplify, выделяем всю геометрию и жмем Apply. Благодаря этому мы избавляемся от избыточной геометрии, которая образовалась как процессе моделирования, так и в процессе конвертации сборки.

Данное окно нам более не интересно поэтому закрываем его и переходим к следующему шагу Model.

Открывается окно Mechanical. В данном окне нам предстоит определить все параметры нашей наладки и произвести необходимые расчеты.

Здесь для начала нужно определить какая геометрия нам будет необходима в расчетах и какие соединения в ней будут присутствовать.

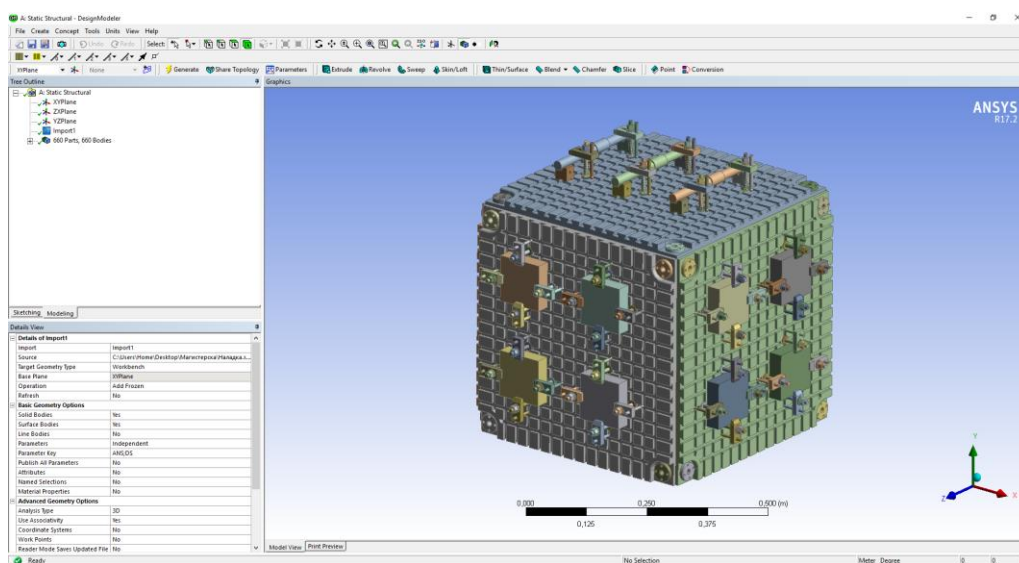


Рисунок 51 – Design Modeler.

Из исходной наладки мы исключаем все элементы, которые не будут задействованы в расчетах это необходимо для повышения производительности самих расчетов. На рис. 52 показана облегченная модель наладки.

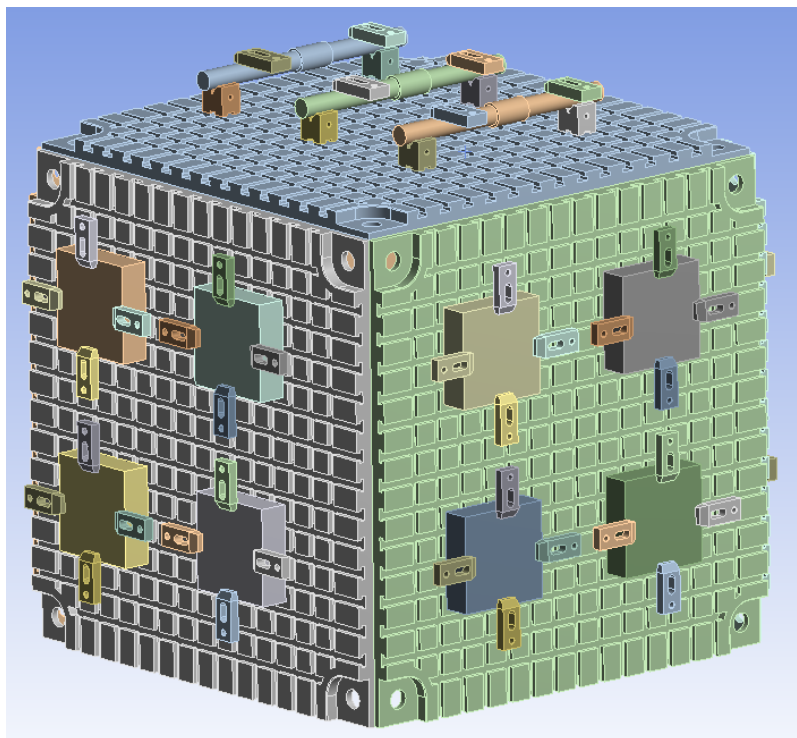


Рисунок 52 – Облегченная модель наладки.

Все контакты здесь являются обычными трущимися между собой поверхностями в нашем случае это тип соединения Frictional – с учетом трения.

Следующим этапом станет генерация сетки модели, размер которой будем выбирать исходя из напряженности участков модели элементов деталей обработки. Так задавать слишком мелкую сетку не целесообразно по нескольким причинам:

- чем сетка будет меньше, тем более ресурсоемки будут вычисления;
- выбор сетки зависит напрямую от напряженности участков при разбиении тел необходимо получить равно разбитые участки и избегать результатов разбиения с разной плотностью.

Наиболее мелкая сетка наносится на валы размером 2 мм, а на заготовки чуть крупнее 80 мм (Рис. 53).

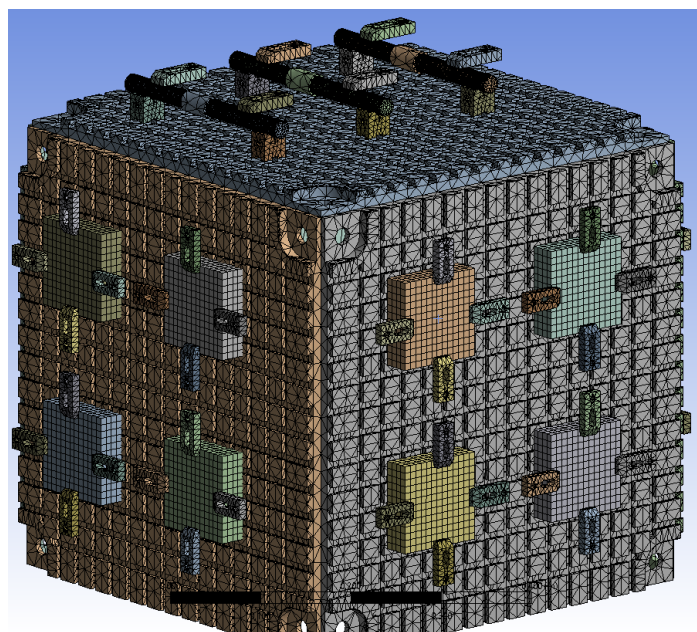


Рисунок 53 – Разбиение сетки методом конечных элементов.

Следующем этапе будет задание ограничений элементов, а именно обозначение сил, возникающих во время резания, а также закрепления заготовок.

Для этого необходимо провести закрепление заготовок. Прикладываем силу в 10000 Н к каждому прихвату на валах и по 16000 Н на все остальные прихват имитируя тем самым зажимную силу. Проведя расчет, мы можем наблюдать деформацию заготовок (Рис. 54).

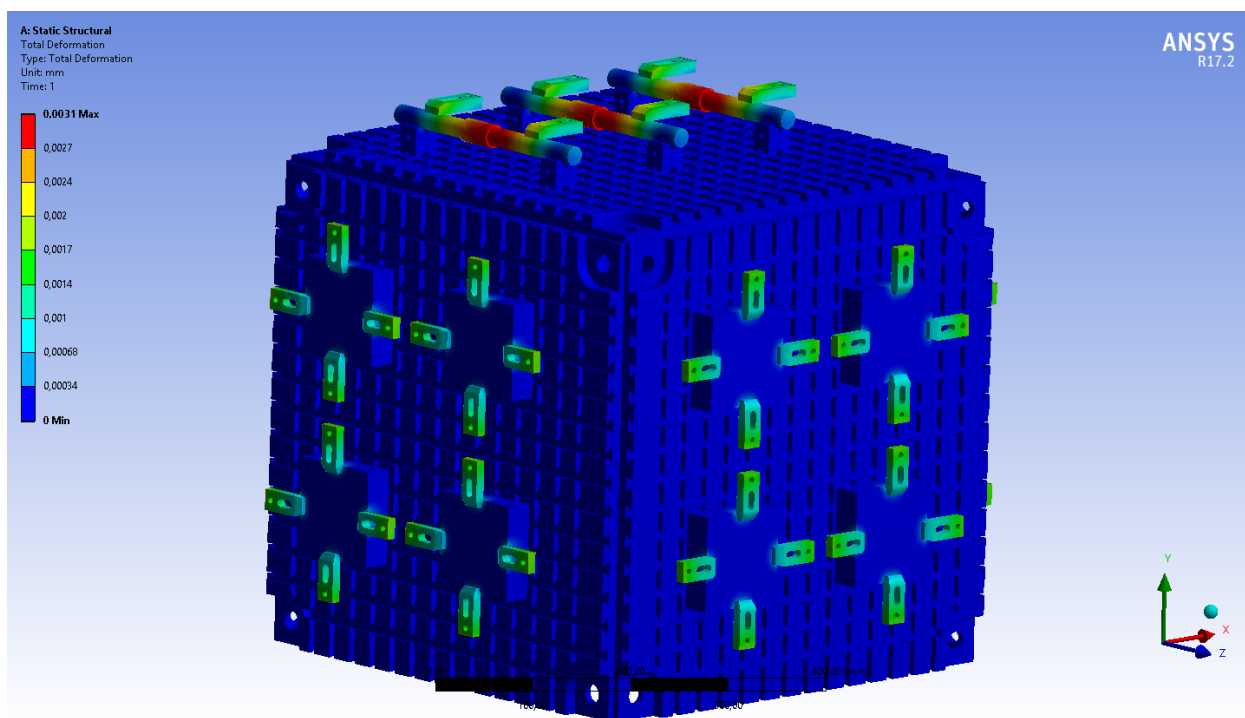


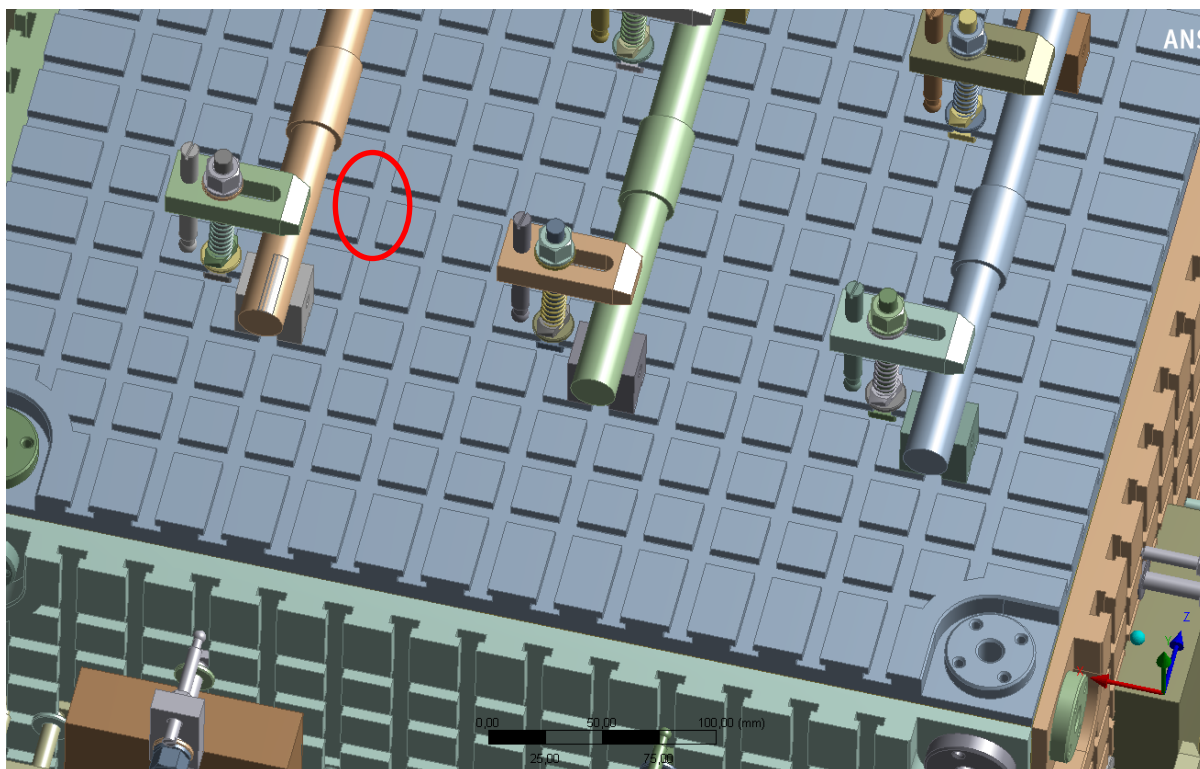
Рисунок 54 – Результаты инструмента Total Deformation.

Из приведенного скриншота видно, что максимальная деформация образуется на валах и равна 0,0027 мм, что никак не отразится на точности обработки заготовок, и наладка обеспечит требуемую жесткость.

Так же стоит отметить что плиты, спроектированные для спутника, вовсе не изменили свои геометрические характеристики, что говорит пока только о том, что они способны выдержать закрепление многономенклатурной пяти позиционную наладки на носителе.

Следующим шагом станет моделирование процессов резания одновременно на пяти позициях. Для этого я смоделирую момент врезания фрезы в тело заготовки. Для этого необходимо построить так называемое «пятно контакта» на заготовке. Оно будет представлять собой прямоугольный участок на торцах заготовок и конуса на торцах валов (Рис.55 а, б).

Следующим шагом станет указание силы, с которой будут врезаться фрезы в тела заготовок, их мы намеренно расположим под разными углами (Рис.56).



a)



б)

а) торец вала, б) торец заготовки

Рисунок 55 – Дополнительное построение.

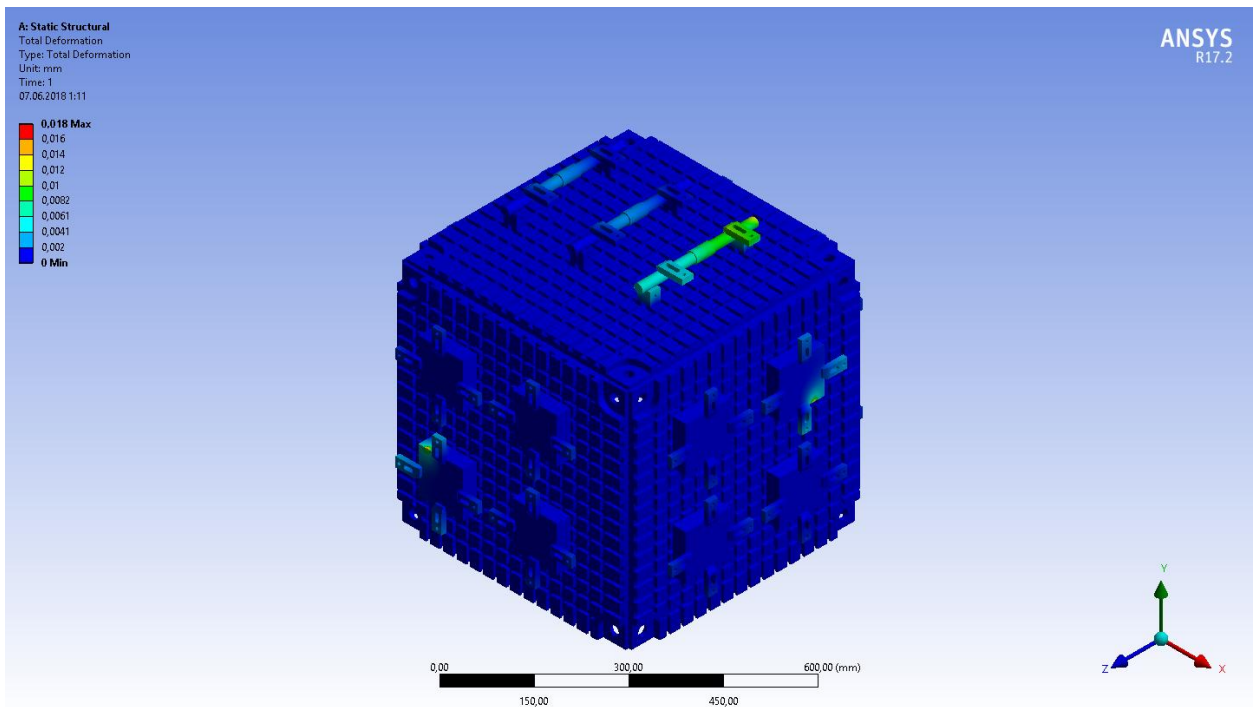


Рисунок 56 – Многономенклатурная пятипозиционная обработка.

Силы резания были распределены следующим образом:

- к торцу вала 1 000 Н;
- к торцам заготовок 10 000 Н.

При таких силах можно заметить, что плиты остаются без деформаций и полностью выдерживают все нагрузки, а вот соседние прижимы к обрабатываемым торцам деформируются на 0,0041 мм на валах самое максимальное значение 0,01 мм что при таких силах резания не удивительно. Технологическое оснащение полностью соответствует всем требованиям, предъявляемым как по точности, так и по жёсткости системы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для решения поставленных задач в магистерской диссертации представлено техническое решение конструкции спутника призматической формы. Идея создания призматических приспособлений-спутников для выполнения операций фрезерования, растачивания, сверления не является новой – известны конструктивные решения в виде паллет ГПМ и приспособлений УСП, сборных приспособлений агрегатных станков.

Однако по результатам выработки конструктивных признаков исполнения приспособления спутника призматической формы, новым был принципиальный подход к разработке конструкции его граней.

Предложена конструкция спутника для размещения на рабочем столе станка с ЧПУ, в качестве узла транспортирования, базирования, крепления и обработки деталей (заготовок). При этом конструктивно спутник стал обладать по отношению к известным конструкциям приспособлений - избыточным количеством точек базирования, избыточным количеством мест установки деталей, избыточным количеством одновременно обрабатываемых деталей, избыточным количеством направлений подачи обрабатывающего инструмента по отношению к одной или нескольким обрабатываемых деталей.

Применение приспособлений, сочетающих в себе частично или полностью, перечисленные конструктивные признаки обеспечивает возможность регулировать параметры производительности, менять программу обрабатываемых деталей в течение смены с обеспечением эксплуатационной надежности и изменением технологического процесса.

Так применение приспособлений-спутников призматической формы предложенной конструкции только в рамках применения на одном фрезерно-обрабатывающем станке способно обеспечить:

- частичное изменение и преобразование структуры и компоновки системы машин, структуры технологических процессов, преобразование организации подготовки производства;

- реализация производственных процессов с высокими показателями концентрации и дифференциации технологических переходов при обработке изделий, к изменению номенклатуры, а соответственно программы изделий, производительности применительно к различным условиям эксплуатации.

- выполнять обработку деталей одного или нескольких наименований на рабочих позициях.

- сокращение производственной площади. Применение узлов станочной остратки позволяющих проводить обработку одновременно нескольких деталей на одной рабочей позиции с высокой концентрацией технологических переходов позволяет сократить количество рабочих позиций в сравнении с традиционными автоматическими линиями.

Так же были спроектированы 3D модель спутника, его грани, создана библиотека 3D элементов стандартного каталога УСП с пазами 8 мм.

Изучен процесс компонования наладок с применением УСП. И проведен инженерный расчет в программе ANSYS.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Roborforum.ru [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://robotforum.ru/novosti-texnologij/kratkaya-istoriya-chetvertoj-promyshlennoj-revoljuczii.html> (дата обращения 10.05.2018).
2. Малышев, В.И. Автоматизация гибридных и комбинированных технологий на основе модернизации станочного оборудования и выбора кинематических связей: Статья / В.И. Малышев, Д.Г. Левашкин, А.С. Селиванов. – Тольятти: Вектор науки Тольяттинского государственного университета. – 2010. – № 3. – С. 70-74.
3. Левашкин, Д.Г. Моделирование кинематических структур на основе электромеханических устройств для обеспечения жесткости автоматически сменных узлов: Статья в сборнике: *Металлургия: технологии, управление, инновации, качество труда XVIII Всероссийской научно-практической конференции*. Под ред. Е.В. Протопопова. Новокузнецк, 2014. С. 431-436.
4. Царев, А.М. Способ многоярусного компонования и перекомпонования рабочей позиции автоматической линии и перекомпонованная рабочая позиция автоматической линии для реализации способа: Патент РФ № 2487004. Царев А. М., Самарцев И. А. //Бюллетень изобретений №19. - 2013.-.С. 18-35
5. Mehrabi M.G., Ulsoy A.G., Koren Y. Reconfigurable manufacturing systems and their enabling technologies. *International journal of manufacturing technology & management*. Proquest ABI/INFORM, 2000, vol.1, pp.113.
6. Mustapha N, Daoud A-K., Wassy I. S. Availability modeling and optimization of reconfigurable manufacturing systems. *Journal of quality in maintenance engineering* . Emerald Group Publishing Limited, 2003, vol. 9, no. 3. pp. 284-302.
7. Mehrabi M.G., Ulsoy A.G., Koren Y. Reconfigurable manufacturing systems: key to future manufacturing. *Journal of intelligent manufacturing*. Springer Science+Business Media B.V., Formerly Kluwer. Academic Publishers B.V., 2000, vol. 11, no. 11, pp. 403-419.

8. Pérez, R., Dávila O., Molina A., Ramírez-Cadena M. Reconfigurable micro-machine tool design for desktop machining micro-factories. 7th IFAC conference on manufacturing modelling, management, and control, MIM 2013, 2013, pp. 1417-1422.
9. Царев, А.М. Перекомпоуемые производственные системы реконфигурируемого производства. Обеспечение жесткости автоматически сменных узлов призматической формы: Монография / А.М. Царев, Д.Г. Левашкин. – М.: Компания Спутник+, 2007 г. – 304 с.
10. Царев, А.М. Многоместное приспособление-спутник: Патент (РФ) N2258593. / А.М. Царёв, Д.Г. Левашкин // «Бюллетень изобретений». – 2005. – N23. – С. 23–25.
11. ГОСТ 31.111.41-93. Детали и сборочные единицы универсально-сборных приспособлений к металлорежущим станкам. Основные параметры. Конструктивные элементы. Нормы точности. [Текст]. – Взамен ГОСТ31.111.41-83; введен 28.03.96. – Минск: Издательство стандартов, 1996. – 35 с.
12. ГОСТ 31.111.42-83. Детали и сборочные единицы универсально-сборных приспособлений к металлорежущим станкам. Технические требования. Методы контроля. Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение. [Текст]. – Москва: Из-во стандартов, 1984. – 10с.
13. Каталог деталей и сборочных единиц универсально-сборных приспособлений УСП-8. – М.: НИИМАШ, 1975. – 60 с.
14. Каталог деталей и сборочных единиц универсально-сборных приспособлений УСП-12. – М.: НИИМАШ, 1975. – 72 с.
15. Каталог деталей и сборочных единиц универсально-сборных приспособлений УСП-16. – М.: НИИМАШ, 1975. – 32 с.
16. Кузнецов В. С. Универсально-сборные приспособления. Альбом чертежей. /В. С. Кузнецов, В. А. Пономарев. – Москва: Машиностроение, 1971. -167 с.
17. Reconfigurable Manufacturing Systems: Key to World-Class Manufacturer Status for Indian Organisations, An overview, 2009, S.Mudassar.
18. Impact of Reconfiguration Effort on Reconfigurable Manufacturing System, 2014, K.K. Mittal, P. K. Jahn.

19. Formal Development of Reconfigurable Manufacturing Systems, 2013, L. Kahloul, A. Chaoui, K. Djouani.
20. A Petri Net-based Approach to Reconfigurable Manufacturing Systems Modeling, 2009, L. Zhang, B. Rodrigues.
21. DESIGN OF RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEM, 2011, R.KANTA.
22. Reconfigurable Manufacturing System Design and Implementation – An Industrial Application at a Manufacturer of Consumer Goods, 2014, R. Hadar, A. Bilberg.
23. Formal Study of Reconfigurable Manufacturing Systems: A High Level Petri Nets Based Approach, 2013.
24. RECONFIGURABLE STRATEGIES FOR MANUFACTURING SETUPS TO CONFRONT MASS CUSTOMIZATION CHALLENGES, 2015, S.H. Minhans, C. Lehmann, J.P.Stader, U. Berger.
25. Online Reconfigurable Machines, 2013, S.Crawford, Minch Binch Do.
26. STRUCTURE OF RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEMS, 2015, T. Mulc, T. Udiljac, D. Ciglar.
27. Pittler.de [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://pittler.dvs-groupe.com/uploads/tx_xrctypedownloadssimlpe/PVSLN1_en.pdf (дата обращения 10.05.2018).
28. Табачников И. З. Универсально-сборные приспособления [Текст]/И. З. Табачников, В. И. Ермилов, В. М. Фрейдензон. – Харьков: Прапор, 1965. – 67 с.
29. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. –Л.: Машиностроение, 1975. –656с.
30. Технологическая оснастка многократного применения/ В.Д. Би-рюков, В.М. Дьяконов, А.И. Егоров и др.: Под.ред. Д.И. Полякова. – М.: Машиностроение, 1981. – 404с.

ПРИЛОЖЕНИЕ