

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
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: Автоматизация механизма кантования многоместного приспособления –
спутника

Студент	<u>М.А. Блохина</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Научный руководитель	<u>Д.Г. Левашкин</u> (И.О. Фамилия)	_____	(личная подпись)
Консультанты	<u>А.Г. Егоров</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 2019

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1.Состояние вопроса. формулировка цели и задач.....	6
1.1 Обзор существующей конструкции	6
1.2 Литературный обзор	8
1.2.1 Общая концепция RMS.....	8
1.2.2 Принципы RMS	12
1.2.3 Реконфигурируемые объекты сети.....	16
1.2.4 Проектирование реконфигурируемых сборочных систем.....	21
1.2.5 Реконфигурируемая производственная ячейка: присоединение ячейки.....	27
1.2.6 Реконфигурируемая производственная ячейка: обрабатывающая ячейка	30
1.2.7 Реконфигурируемая производственная ячейка: система мониторинга процесса.....	34
1.3 Перспективы производственной системы	38
1.4 Формулировка цели и задач	43
2 Разработка концепции механизма кантования спутника призматической формы и его граней	44
2.1 Проработка общей концепции	44
2.2 Модернизация существующей конструкции.....	47
2.3 Анализ и порядок собираемости механизма	59
3 Определение влияния изменения конструкции спутника на технологическую точность.....	69
3.1 Расчет ANSYS.....	69
3.1.1 Расчет распределения сил на вал ведомый узла	70
3.1.2 Расчет распределения сил на корпус узла	71
3.1.3 Расчет распределения сил на рамные опоры ведомого вала	71
3.1.4 Расчет распределения сил на опору спутника.....	72
3.1.5 Расчет распределения сил на базовую плиту спутника.	73
3.1.6 Расчет распределения сил на верхнюю плиту.....	74

ЗАКЛЮЧЕНИЕ	78
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	79

ВВЕДЕНИЕ

В современных реалиях производству становится все труднее и труднее оставаться конкурентно способным. Постоянно меняющийся спрос на рынке вынуждает производителей искать пути снижения затрат на производство текущих товаров, локализацию новых. Так, к примеру большинство продукции на заводах унифицировано в большей или меньшей степени это дает возможность производить широкую линейку продуктов в рамке одного «семейства». К примеру, в автомобильной сфере это относится к платформам, на которых выпускают те или иные модели автомобилей. Механическая обработка деталей резанием так же не стоит на месте и стремиться к более гибким производственным системам (ГПС). Но само понятие ГПС так же устарело с активным развитием станков с числовым управлением (ЧПУ), а также развитием информационных технологий (IT), появились такие понятия как «Индустрия 4.0», IoT (Internet of things, интернет вещей).

Данное веяние современного прогресса науки и техники дает представление о том, как и куда производство должно будет развиваться в будущем. И для этого понимание наиболее подходящим примером является RMS (Реконфигурируемые производственные системы). Данная производственная система имеет множество характеристик, по которым можно сказать, что данная система является наиболее перспективной и имеет огромный потенциал для развития и совершенствования.

RMS в первую очередь является гибкой системой которая позволяет производить смену линейки выпускаемой продукции с минимальными затратами на локализацию новых изделий. А требуемое время на запуск производства новый товаров и вовсе может исчисляться неделями. Таким образом производство является очень гибким [2].

С другой стороны, благодаря применению носителя призматической формы дает возможность производить одновременно огромное количество видов товаров на одной линии, не прибегая к модернизации либо если необходимо нарастить объемы производства без необходимости покупки дублирующего оборудования.

При этом вся линия RMS будет занимать намного меньше, чем любое действующее производство.

Таким образом исходя из выше сказанного RMS является наиболее сбалансированной, современной и технологичной системой производства будущего.

1. Состояние вопроса. формулировка цели и задач

1.1 Обзор существующей конструкции

Проработка конструкции спутника призматической формы была завершена на этапе получение рабочих граней для возможности применения УСП (Рис.1). Предложенная конструкция отвечала на один из самых главных вопросов – «Как проводить закрепление деталей на спутнике?». Оставался еще один очень немаловажный вопрос по кантованию как самого спутника, так и поворота его граней. Учитывая вес спутника с оснасткой и деталями который мог составлять до 300 кг, был сделан вывод что процесс кантования должен выполняться в автоматическом режиме с сохранением безопасности жизни и здоровья оператора, а также для сокращения времени на процесс самого кантования [3].

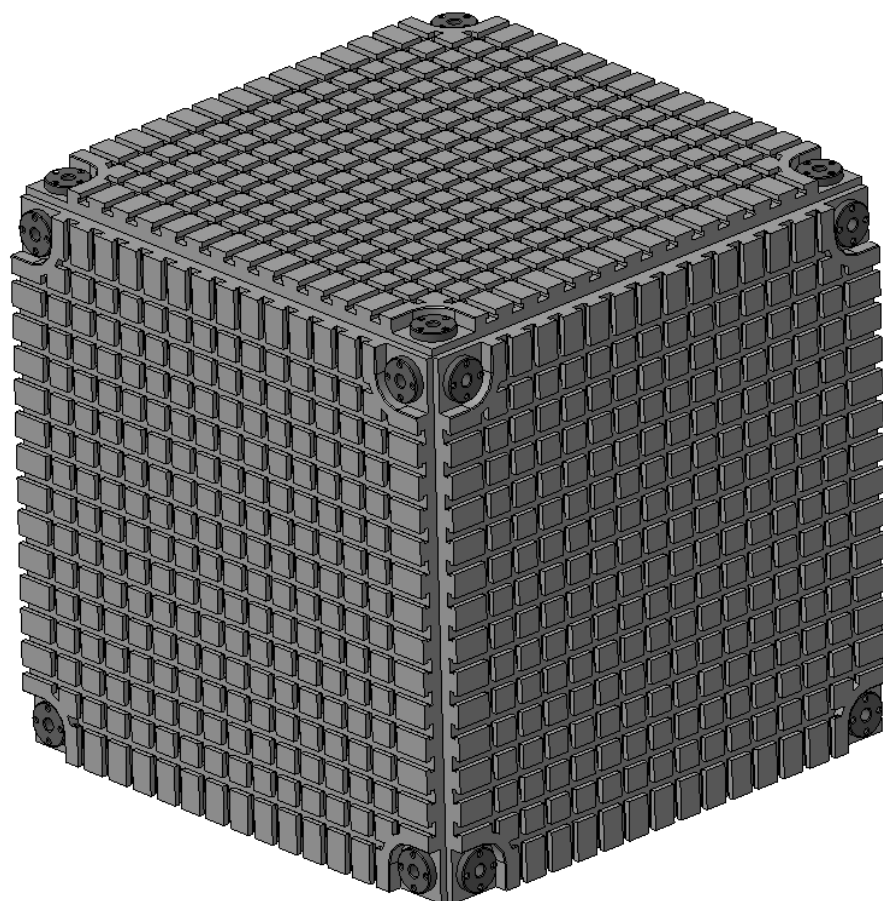
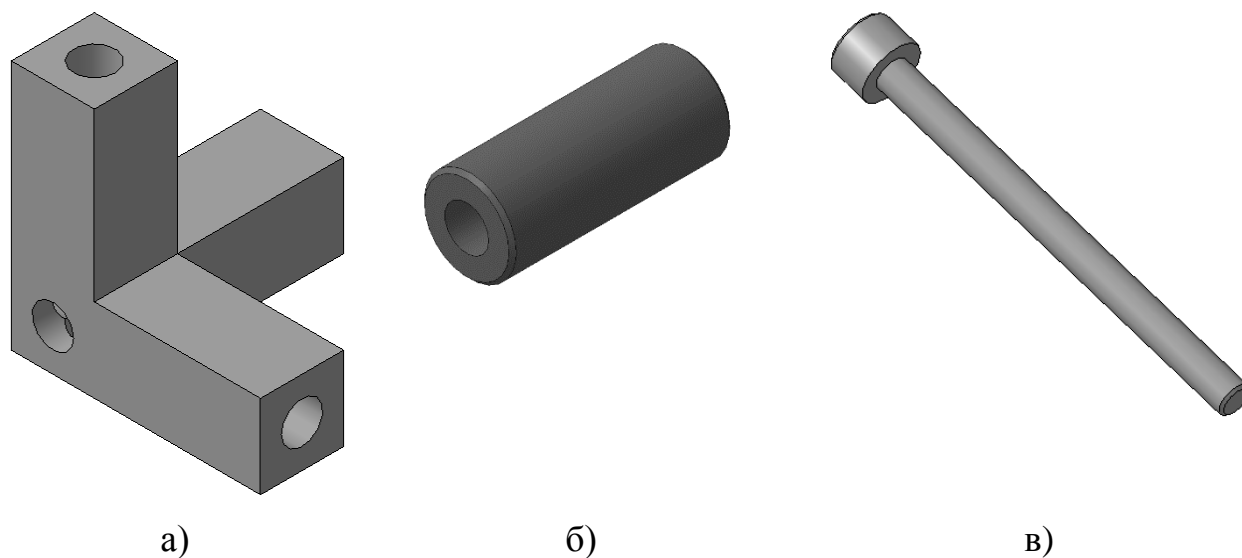


Рисунок 1 – Спутник призматической формы

Исходя из выше сказанного был проведен анализ существующей конструкции спутника. Спутник является полым, крестовины, образующие раму, стянуты между собой по средством элементов базирования и винтами (Рис. 2, а, б). На данную раму так же жестко по средству позиционирующих втулок (Рис.2 в) крепятся внешние плиты (Рис.3).



а) Крестовина; б) Элемент базирования; в) Винт.

Рисунок 2 – Элементы рамы спутника

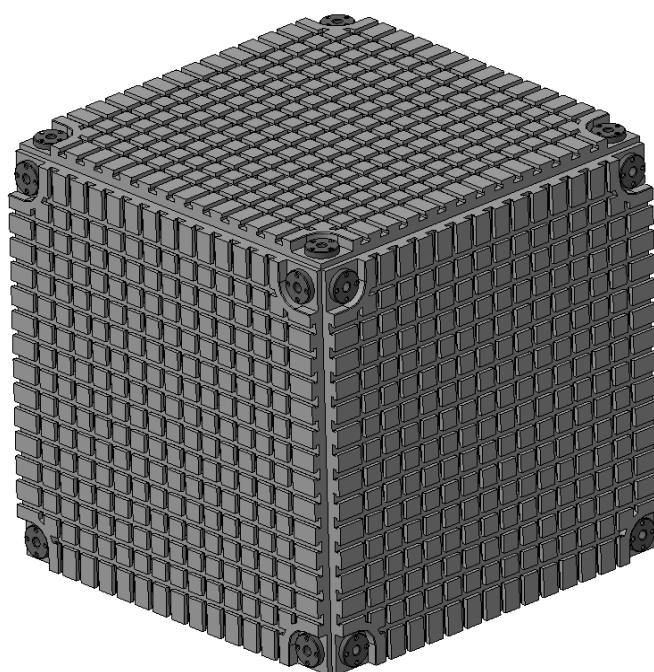


Рисунок 3 – Плиты, закрепленные позиционирующими втулками

Механизм вращения исходя из данной конструкции может быть установлен только непосредственно внутри спутника призматической формы.

1.2 Литературный обзор

1.2.1 Общая концепция RMS

В современном конкурентном рынке из-за короткого жизненного цикла продукции и постоянного изменения потребительского спроса уметь быстро реагировать является важным ключом, чтобы конкурировать с соперниками. Одним из решений является эволюционирующая система производства из перестраиваемых станков [6].

Помимо большой конкуренции на мировом рынке и быстрых темпов изменения технологического процесса, а также принятие различных государственных законов, которые вызывают некоторые изменения, такие как:

- в части существующего продукта;
- создание новых вариантов продукции;
- колебания спроса на продукцию;
- технологический процесс.

Таким образом, нам нужен быстрый и экономически эффективный способ борьбы с этими изменениями. Несмотря на старый метод, который был использован для замены старых машин на новые, модернизация старых станков.

В шести производственных грандиозных задачах, которые показывают разрыв между нынешней практикой и видением производства в 2020 году являются:

- Получение параллелизм во всех операциях.
- Интеграция людских и технических ресурсов для повышения производительности рабочей силы и удовлетворение.
- «Мгновенное» трансформирование и сбор информации из широких различных источников полезных знаний для эффективного принятия решений.
- Сокращение отходов производства

- Реконфигурируемость производства для быстрого реагирования на изменения.

Как видим, одна из проблем производства является быстрое реагирование на изменения спроса, которое должно быть экономически эффективными. Решение, которое было предложено в RMS и, следовательно, RMT. Таким образом, исследование о перестраиваемых системах начались около 10 лет назад, и это будет один из самых важных вопросов в производстве в течение следующего десятилетия.

Чтобы понять системы RMS и RMT станки мы должны знать о различных типах существующих производственных систем, а затем объяснить RMS и RMT их преимущества и методологии [4].

Есть три различные производственные системы: DML (выделенная линия производства), FMS (гибкая производственная система) и RMS (Reconfigurable Manufacturing System). Системы DML предназначены для отдельных продуктов с различными операциями одновременно, что означает высокую производительность при FMS для различных типов продуктов (вариантов) с высокой гибкостью. Система RMS представляет собой новый тип производственной системы, которая имеет необходимую производительность, и гибкость за счет изменения программного и аппаратного обеспечения производственной линии.

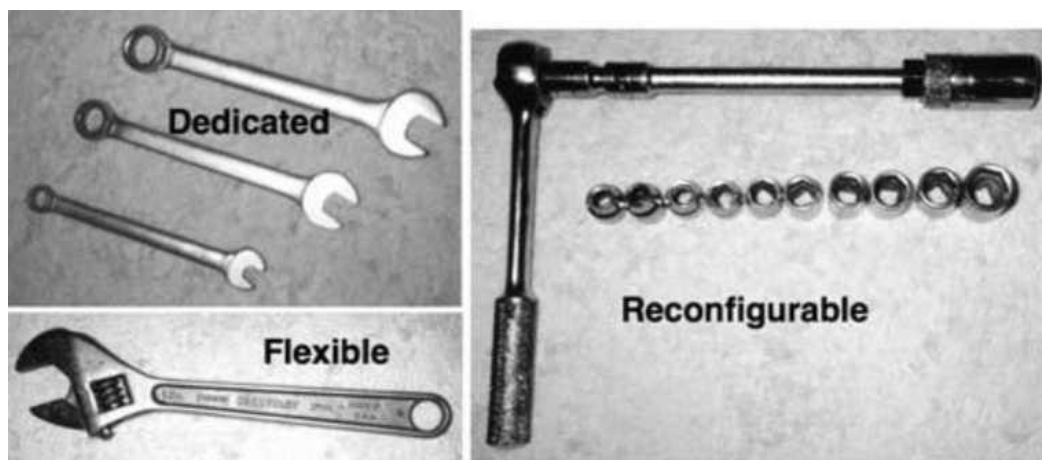


Рисунок 4 – Реконфигурируемые инструменты, специальные инструменты и гибкие инструменты

Реконфигурация основана на модульности аппаратного и программного обеспечения и определяется для части семьи и быстрого изменения мощности и функциональности в соответствии с изменением спроса на конкурентном рынке.

Реконфигурации — это нечто большее, чем модульность. На самом деле это означает, что модульность плюс масштабируемость, интегрируемость, конвертируемость.

Реконфигурируемая производственная система (RMS) предназначена для быстрого изменения ее структуры, а также ее аппаратных и программных компонентов, чтобы быстро корректировать производственные мощности и функциональность внутри семейства деталей в ответ на внезапные изменения рынка или изменение внутренней системы.

RMS может быть определена как машинная система, которая может быть создана путем включения базовых модулей процесса как аппаратного, так и программного обеспечения, которые могут быть быстро организованы или оперативно заменены.

RMS, а также один из его компонентов – Реконфигурируемые машинные инструменты (RMT) были изобретены в 1999 году в Инженерном исследовательском центре реконфигурируемых производственных систем (ERC / RMS) в Инженерном колледже Университета Мичигана. Цель RMS сконцентрирована в фразе: только необходимая емкость и функциональность и только тогда, когда это необходимо [5].

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.

6) Диагностика: возможность автоматического считывания текущего состояния системы для обнаружения и диагностики основной причины дефектов выходного продукта и последующего быстрого устранения операционных дефектов.

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.

1.2.2 Принципы RMS

Реконфигурируемые производственные системы 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 [6].

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 экономичного 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 [7].

Производственные системы (MS) широко используются в промышленности. Они характеризуются гибридным аспектом и сложностью. Производственная

система, как правило, состоит из набора компонентов: машин, роботов, конвейеров, буферов и, в конечном счете, людей. Эти компоненты сосуществуют и взаимодействуют для получения какого-либо продукта. Взаимодействие осуществляется посредством обмена информационным сообщением или продуктами во время производственного процесса. Успех системы основан на качестве каждого компонента, а также на качестве их взаимодействий. Реконфигурируемые производственные системы (RMS) являются такими системами, где компоненты и их взаимодействие могут меняться со временем. Структура системы уже не статична, а динамична. Эта пере конфигурация делает систему более гибкой и позволяет адаптировать ее, что повышает производительность. В реконфигурируемой производственной системе поток изменяется динамически, а компоненты авто конфигурируются, чтобы отвечать новым требованиям или предотвращать убытки.

Хотя это относится к преимуществам пере конфигурации, оно же делает RMS более сложной, и развитие её системы так же усложняется. Пере конфигурация создает новые проблемы и могут появляться новые типы ошибок. Эти ошибки требуют сложного процесса проверки для обеспечения надежности RMS (Reconfigurable Manufacturing Systems). Проверка RMS может быть выполнена с использованием классических методов, используемых для производственных систем. Формализм сети Петри (PN) является одним из наиболее используемых инструментов при изучении сдержанных систем событий. Этот формализм привлек, огромный интерес к изучению производственных систем. Однако, с его классическим определением как нединамическим формализмом, кажется, не подходит для улавливания нового аспекта реконфигурации [8]. Были предложены новые расширения для сетей Петри для решения проблемы реконфигурации и, в общем, для изучения динамических систем.

Реконфигурируемые объекты сети (RONs) для обработки формального моделирования RMS. RONs — это сети Петри высокого уровня, где токены могут быть также сетями (называемыми маркерными сетями). Маркерные сети могут

изменять свою структуру из-за правил реконфигурации (смоделированных также как другие токены в RON). Математическое обоснование реконфигурации в RON основано на теориях преобразования графов. Второе преимущество формализма RON заключается в его реализации в некоторых автоматических инструментах, таких как RON-инструмент. Эти инструменты позволяют проводить автоматическое моделирование и симуляцию систем.

В нескольких работах были применены PN и их расширения для изучения RMS (Reconfigurable Manufacturing Systems). Мы можем разделить эти работы на две основные категории: работы, в которых PN (без динамической структуры) применяются к RMS и работы с использованием высокоуровневых сетей Petri (с динамической структурой).

Первая категория работ находит обоснование в завершённости используемых формализмов: p-timePN, ColoredPN и ColoredPN. В этой категории некоторые работы пошли по пути реконфигурации модульным способом, чтобы облегчить строительство новых моделей после реконфигурации. Они обогащают PN объектно-ориентированными концепциями (древовидной структурой, наследованием) или концепцией модульности для преодоления сложности реконфигурации. Использование цветовой ориентации по времени объекта для облегчения реконфигурации моделей PN. Где модели сетей Petri рассматриваются как объекты в классах, а новые объекты могут быть получены из других объектов. Этот вывод можно рассматривать как реконфигурацию. Были предложены ITPN (Intelligent Token Petri Nets). В ITPN токены обогащаются временем и знанием о том, какие переходы должны быть отключены при их использовании. Предложен процесс синтеза новых сетей из других сетей. Этот процесс облегчает определение новых моделей из существующих. Однако для реализации этой реконфигурации в ITPN не включен никакой механизм. Таким образом, динамика структуры не реализуется в самой сети. Наконец, можно сказать, что сила этих моделей заключается в существовании четко определенных методов анализа, где многие свойства разрешимы. Предлагается множество автоматических инструментов для моделирования, анализа систем с использованием этих

формализмов. Основным недостатком этих подходов является отсутствие способности представлять явную и интуитивно понятную реконфигурацию системы. В нашей работе нам интересно использовать формализмы, в которых реконфигурация системы может быть смоделирована, явно, через динамическую структуру формализма. Таким образом, наша работа может быть записана во второй категории работ.

Во второй категории работ PN-модель обогащается некоторым механизмом для перенастройки. Таким образом, модель более интуитивно понятна и естественна для поддержки моделирования Реконфигурируемых производственных систем (RMS). Вероятно, можно найти одну из первых работ, в которых реконфигурация в PN была использована для моделирования производственных систем. Однако контекстом исследования было преобразование графа, а перенастраиваемость в PN использовалась для моделирования, разработки процесса совершенствования системы производства, а не реконфигурируемой производственной системы в целом. Та же идея была использована после разработки Reconfigurable Petri Nets и RON. Разработаны усовершенствованные чистые системы перезаписи (INRS) в, которые изначально основаны на переконфигурируемых сетях Петри Бадуэля. Они предлагают гибридный подход, основанный на UML.2 и INRS, для разработки RMS. Гибридные реконфигурируемые сети Петри как новый формализм, который сочетает в себе гибридный аспект (продолжение и скрытое моделирование) и аспект реконфигурации. Однако используемая модель еще не разработана и результаты проверки не получены. По нашим сведениям, нет автоматического инструмента для проверки свойств модели INRS ни для HRPN. Формализм RON для определения и моделирования реконфигурируемых производственных систем. Одним из преимуществ RON является наличие автоматического инструмента для имитации полученной модели.

1.2.3 Реконфигурируемые объекты сети

Первая неформальная презентация реконфигурируемой сети объектов (RON) приведена впервые в работе Хоффмана [8], и это была высокоуровневая сеть с сетями и правилами в качестве токенов. В RON можно различать два уровня в сети: уровень системы и уровень токена. Токены имеют два вида: маркерные сети и правила токена. Таким образом, места на уровне системы могут содержать сети или правила. Токен-сеть — это сеть P / T , которая может перемещаться с места на место в системе. При перемещении маркер, а также его структура может меняться. Переходы на системном уровне принимают решение о перемещении маркерных сетей из одного места в другое. Эти переходы решают, нужно ли менять маркировку или структуру сети токенов. Чтобы изменить маркировку сети токенов, переход на системном уровне инициирует переход на уровне токена. Однако для изменения структуры сети токенов переход на системном уровне требует правила маркера. Правило маркера решает, как структура сети токенов должна быть изменена при запуске какого-либо перехода на системном уровне. В RON реконфигурация структуры касается только токенных сетей, а не системного уровня. Эта реконфигурация определяется набором правил токена, основанных на методах преобразования графа.

Методы трансформации, основанные на преобразовании графа, позволяют формулировать две основные конструкции: объединение и преобразование в сетях Place / Transition (сети P / T). Конструкция объединения принимает две сети $N1$ и $N2$ и дает другую сеть $N3$, но построение преобразования занимает одну сеть $P / TN1$ и дает другую сеть $N2$. В этом подходе эти две конструкции являются двумя основными реконфигурируемыми методами для сетей P / T . Объединение и трансформация основаны на концепции морфизма, определенной над сетями P / T . Ниже мы представляем: сетки Place / Transition, морфизмы над сетями P / T , объединение, преобразование и, наконец, RON. Эти понятия представлены алгебраическим образом.

Многие работы применяли PN (Petri Nets) для моделирования, моделирования и проверки производственных систем. Аспект реконфигурации

ставит задачу для использования классических сетей Петри. Таким образом, предлагаются некоторые новые PN-расширения для работы с RMS.

Reconfigurable Object Nets используются для определения RMS. Этот формализм основан на методах преобразования графов. В этой статье мы рассмотрели тематическое исследование, в котором RMS сталкивается с двумя реконфигурациями. Эти две реконфигурации были определены как два правила преобразования, которые должны применяться к структуре системы. Мы представили окончательную модель как RON.

Эта работа открывает много перспектив. Мы предлагаем разработать эту работу на двух уровнях: (i) обогатить работу и разработать конкретный подход, который может быть использован при моделировании RMS с использованием RON, (ii) работа с автоматическим инструментом RON (с открытым исходным кодом) для реализации свойств процессов проверки [6].

Как прямое следствие глобальной конкуренции и турбулентности на рынке, производители сталкиваются с рядом проблем в будущем, таких как:

- 1) непредсказуемость и частые изменения рынка,
- 2) разнообразие продуктов и требование ускоренного внедрения продукта,
- 3) большой скачок для более специализированной продукции и т. д.

Эти проблемы способствуют сильной глобальной конкуренции, более высокие требования потребителей, и быстрое изменений в продукции и технологических процессов. Для того чтобы иметь конкурентное преимущество, производства должны встретить изменения рынка с быстрыми реакциями по мере того, как продолжается поставка дешевых изделий высокого качества. Однако, из-за отсутствия гибкости и пропускной способности систем традиционных производств таких как специализированные технологические линии (dml) и гибких производственных систем (ГПС) позволяет управлять стремительно меняющейся ситуацией экономически эффективным образом [6]. Для обеспечения быстрой и различных затрат эффективных изменений продуктивно, новый производственный подход требуется.

Корена (1999) определяет реконфигурируемые производственные системы (RMS) как система, которая “предназначен прежде всего для быстрого изменения структуры, а также в аппаратных и программных компонентов, на запрос, чтобы оперативно корректировать производственную мощность и функциональность помимо семьи в ответ на резкие изменения на рынке.” Просто, цель RMS-обеспечить необходимую производительность и функциональность в тогда, когда это необходимо.

Признав потенциал концепции RMS Manufacturer of Consumer Goods (MCG), решили исследовать концепции в реальных условиях производства. Хотя некоторые приведены примеры концепции RMS существуют, ни одна из них не была разработана хорошо известной имитационной программой в промышленном применении. Результатом расследования является доказательство концепции изменчивая и реконфигурируемые системы и сборка на основе принципов управления. Главной ролью доказательство концепции для иллюстрации физической жизнеспособности системы и обеспечить представление в прикладной RMS идеи в производстве. Кроме того, была разработана имитационная модель для упрощения логичности доказательства концепции, включая материальный поток и производительность. Используя моделирование в качестве базового, были разработаны и смоделированы для дальнейшей проверки правдивости концепции.

Поводом данного исследования является дизайн RMS с доказательством концепции, включая ее реализацию, и дальнейшие мысли на оценки и результаты. В документе будут представлены впервые производственного применения RMS несколько последствий проектирования, испытания и развития потенциала в целях достижения физической осуществимости RMS концепции производства и, следовательно, создания предпочтительный способ для будущего производства и производителей.

Из-за своей масштабности производства, постоянная необходимость адаптации, сложность цепочки поставок, объемов и высокой потребностью в

индивидуализации производства и продукции, MCG является допустимым и сильные исследования в области RMS.

В процессе проектирования и эксплуатации реконфигурируемой системы существует три этапа. Во-первых, система построена из стандартных модулей с специфическими функциями. Каждый модуль имеет определенные физические и информационные интерфейсы, которые обеспечивают возможности для комбинаций с дополнительными модулями или управления через внешние ресурсы. Во-вторых, система существует в определенной конфигурации, и переменные конфигурируемости и выбора сборки определяются таким образом, что конфигурация системы строится с выбранными модулями. В-третьих, начинается конфигурирование системы. Для того чтобы система могла показать необходимое поведение и выполнить поставленные задачи, переменные управления регулируют до тех пор, пока цель не будет достигнута. Как только задача будет решена, система может быть разобрана и модули оборудования так же могут быть повторно использованы для решения иных задач.

Три важные аспекта проектирования службы управления: проектирование архитектуры, проектирование конфигурации и проектирование управления. Архитектура определяет, как компоненты системы будут взаимодействовать, еще на этапе проектирования системы. Компоненты системы относятся к инкапсулированным модулям, тогда как взаимодействия являются параметрами сборки модулей. Для обеспечения того, чтобы система могла эффективно обрабатывать изменения и неопределенности, проектирование архитектуры системы должно включать как можно больше вариантов системы. Эти варианты определяются как компонентами системы, так и их последующими взаимодействиями. Конструкция конфигурации диктует конфигурацию системы внутри архитектуры системы для определенной задачи. Конфигурация сборки отдельных модулей для оптимизации выполнения поставленных задач.

Прикладной сценарий RMS был проиллюстрирован (Рис.5), в которой обе аппаратная и программная реконфигурируемые системы, входят в систему. Аппаратная часть системы включает в себя способ обработки, крепления, сборки,

проверки или калибровки, а также погрузочно-разгрузочных систем. В реконфигурации этих систем находится на уровне компьютера или сотового, хотя в некоторых системах воплотить реконфигурации в Заводском цехе или производственном уровне. Цель состоит в том, чтобы поставлять переменные продукты, таким образом, различные компоненты системы и взаимодействия определены в дизайне архитектуры, чтобы поддержать основную цель. Необходимо также учитывать ограничения, связанные с проектированием архитектуры, которые являются производными от приложений операционной службы управления правами [8]. Последующая сложность проектирования зависит от уровня системы, требований к изменениям и неопределенностей.

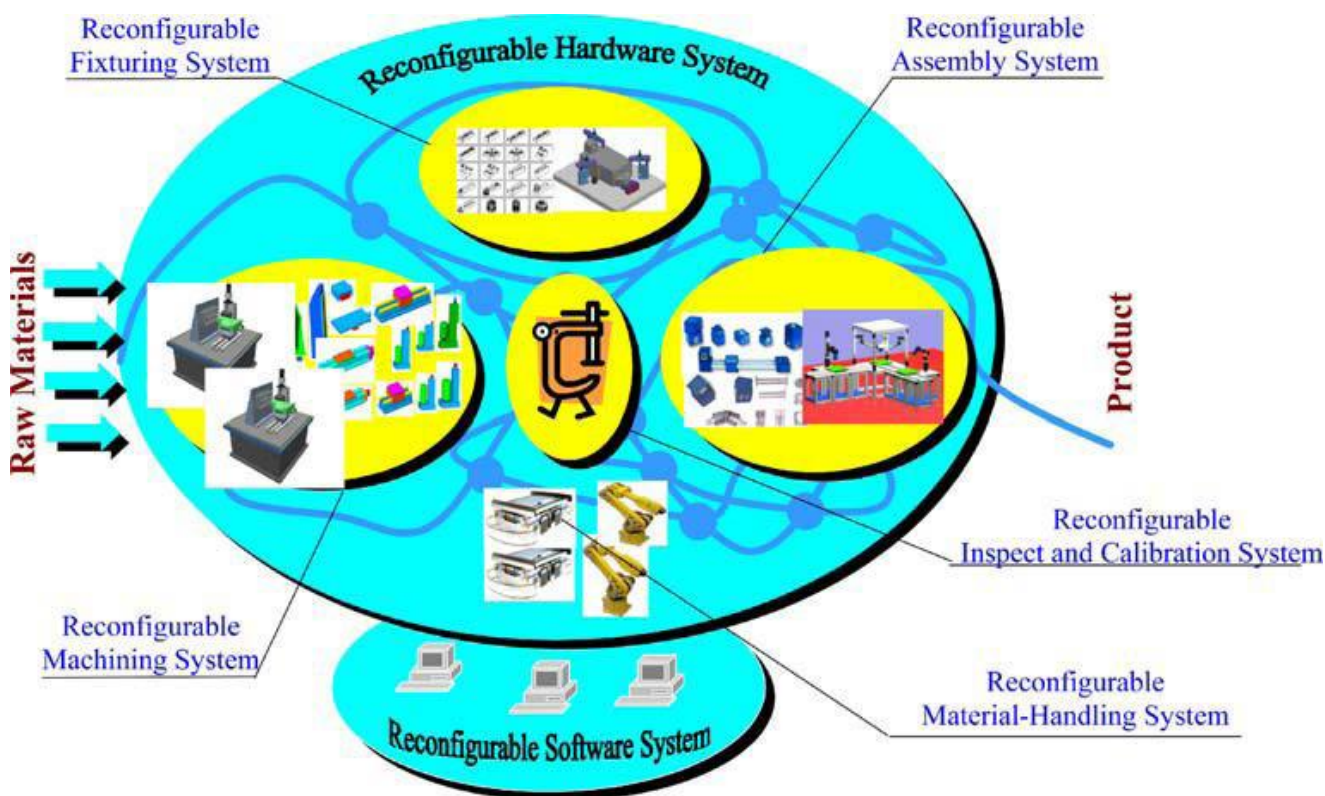


Рисунок 5 – Сценарии применения RMS

Цели переменчивости для сборки.

В сборочных системах существует пять типов гибкости: маршрутизация, работа, переключение, преобразование и отказ. Эти типы гибкости могут быть сгруппированы по трем характеристикам: гибкость, ориентированная на дату, относится к событиям, которые происходят в системе довольно часто. Эта

гибкость требует гибкой линии, изменить структуру погрузо-разгрузочной работы линии, и гибких деятельностей для приспособления специфических деятельностей к необходимому продукту с коротким временем перестроения. Ориентированная на период гибкость относится к характеристике, которая необходима на более длительном временном горизонте. Эта гибкость ссылается на переменчивость и перенастраиваемость системы (гибкость перестроения) для быстрых изменений, и требует гибкости преобразования, когда все линии или станции должны быть изменены. Ориентированная на инциденты гибкость является специальной характеристикой и связана в основном с отказами в системе, поэтому гибкость отказа необходима для минимизации времени реакции и простоя.

Возможности изменения для сборки

В дополнение к реализации RMS, две изменчивости факторов могут быть добавлены при обсуждении сборки, а именно мобильность и гибкость в автоматизации. Мобильность понимается легкость транспортировки модулей и элементов системы или даже всей системы, и это играет ключевую роль в сокращении времени переналадки. Гибкость на нужном уровне автоматизации необходима в системе для того, чтобы выполнить действие немедленно. Уровень автоматизации может быть повышен (увеличение автоматизации) или понижен (снижение в автоматизации) в целях фита продукции или размещение производства.

1.2.4 Проектирование реконфигурируемых сборочных систем

По данным Корен и Shpitalni (2010) система состоит из двух основных этапов производства: 1) изготовление деталей и 2) сборка. Путем фиксации части и мобилизации системы, операций и производстве готового продукта. Модульная структура реконфигурируемой системы позволяет сборке, обработка открывает возможность для последовательных и параллельных структур, которые, в свою очередь, может привести масштабирование вверх и вниз в емкость, чтобы лучше соответствовать требованиям рынка. Кроме того, авторы признают

Три основных типа сборочных систем:

1. Полностью автоматизированный агрегат: соответствующий для массового производства изделий высокого качества.
2. Гибридные системы: комбинированная автоматизация и ручная работа
3. Руководство по сборке: очень реконфигурируемые системы, как люди всегда адаптируется, хотя часто обеспечивает низким качеством производительности.

Обрабатывающая промышленность столкнулась с быстрыми рынками глобализации, непрогнозируемых, высоким изготовлением на заказ продукта, переменными требованиями, коротким циклом нововведения, жизненным циклом продукта, уменьшенным временем развития и более быстрым временем выхода на рынок. Этот факт можно наблюдать сегодня на мировых рынках, отражаясь во всем большем разнообразии вариантов и уменьшении размеров лотов, сопровождающихся досрочным завершением срока службы продукции. В результате происходит смена парадигмы в производственных системах от производства большого объема до массовой кастомизации. Это, в свою очередь, требует от производителей повышения гибкости в их производственных системах; чтобы позволить им производить различные существующие семейства продуктов, а также развивающихся. Сверх того, им нужно продемонстрировать высокую отзывчивость в поставке продукта для того, чтобы приобрести высокое конкурентное преимущество без снижения прибыли. Следовательно, производители могут конкурировать на рынке, получая высокую долю рынка.

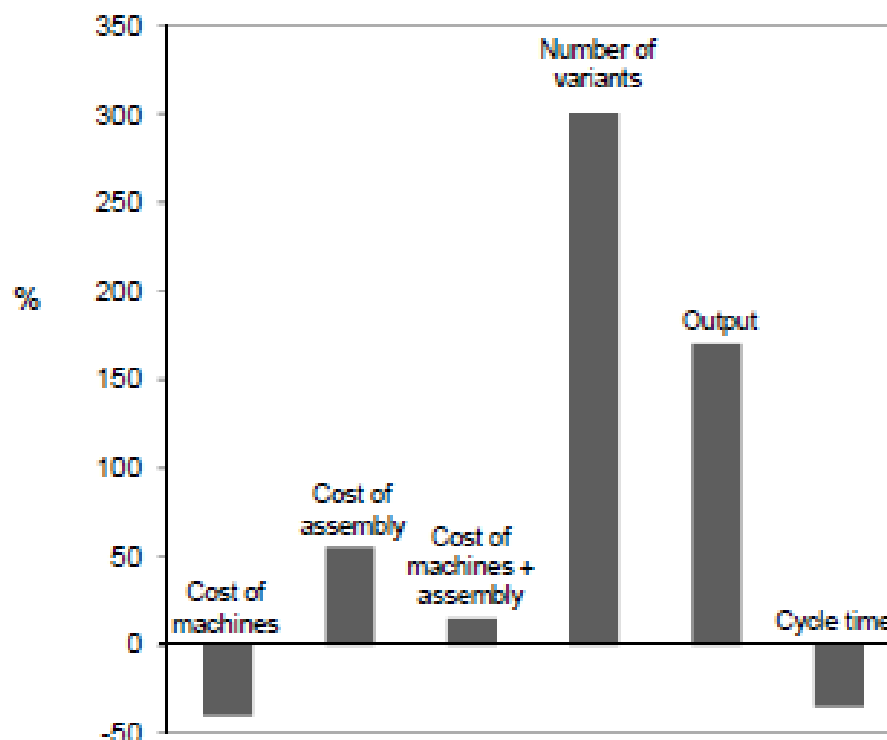


Рисунок 6 – Влияние реконфигурируемых подходов на специализированные производственные системы

Для достижения этих целей производители должны очень быстро адаптировать свои производственные установки. Это поможет сократить время выполнения заказа, а также любые дополнительные задержки из-за их реорганизации. В этом отношении многочисленные передовые технологии были внедрены в прошлом, чтобы сделать производственные установки и программные решения многоразовыми, а не переделывать их. Пересмотр процедур и методов в основном является экономически неэффективным и требует много времени.

Введенные реконфигурируемые системы производства можно назвать жизнеспособной концепцией в достижении высокой конкурентоспособности, позволяя повторно использовать систему для разработки индивидуальных продуктов с различными размерами партии. Наиболее характерной особенностью реконфигурируемых производственных систем является то, что они способны к быстрому изменению структур, а также в аппаратных и программных модулях, что позволяет быстро регулировать производственные мощности и функциональность [7]. Разработка реконфигурируемых станков для обработки

головок цилиндров двигателя, инспекционных машин, а также сборочных машин — это несколько примеров реконфигурируемых производственных систем, которые видны сегодня.

Основная цель этих систем достигнуть быстро адаптируемого производства. Этот факт освещается в тематическом исследовании. Основное требование для реконфигурируемых производственных систем является то, что они должны быть разработаны изменчивыми т. е. модульность, масштабируемость, конвертируемость и настройки, чтобы использовать свои преимущества. Автоматизированные, направленные корабли использованы в производственных установках для перехода материалов внутри производственных площадей [23]. Реконфигурируемые захваты для роботов и приспособления для работы, а также станки с ЧПУ разработаны для различных частей различных размеров и геометрий для захвата и фиксации заготовок в обработке, а также монтажных работ. Все выделенные примеры отражают усилия позволяющие повторно использовать компоненты установок производства регулировать разнообразие частей так же, как уменьшение времени установки. Кроме того, компоненты реконфигурируемых компонентов добавляют больше вариативности в системах управления производством и затраты на разработку. Высокое разнообразие продукции, а также быстрое изменение технологий производства, областей применения и сред может привести к повышению производственных установок. Это может быть достигнуто, сделав их легко обновляемыми и конвертируемыми, в которые можно легко интегрировать новые технологии и новые функции. В настоящее время внедряются, демонстрируются и оцениваются различными исследовательскими группами из академических кругов и промышленности реконфигурируемые подходы [24]. Это означает, что внедрение реконфигурируемых производственных систем все еще находится на ранних этапах. Производители больше, чем когда-либо, пытаются сделать свои производственные структуры, макеты, машины, технологическое оборудование, единицы погрузочно-разгрузочных работ, а также системы мониторинга, реконфигурируемые, чтобы был возможность иметь дело с частой сменой

разнообразия продукта. Кроме того, они также упорно борются, чтобы найти устойчивое, а также надежные решения для маршрутизации, планирования задач, а также ресурсов. Следовательно, следующие тенденции в производстве установок формируются, как показано на рисунке 7.

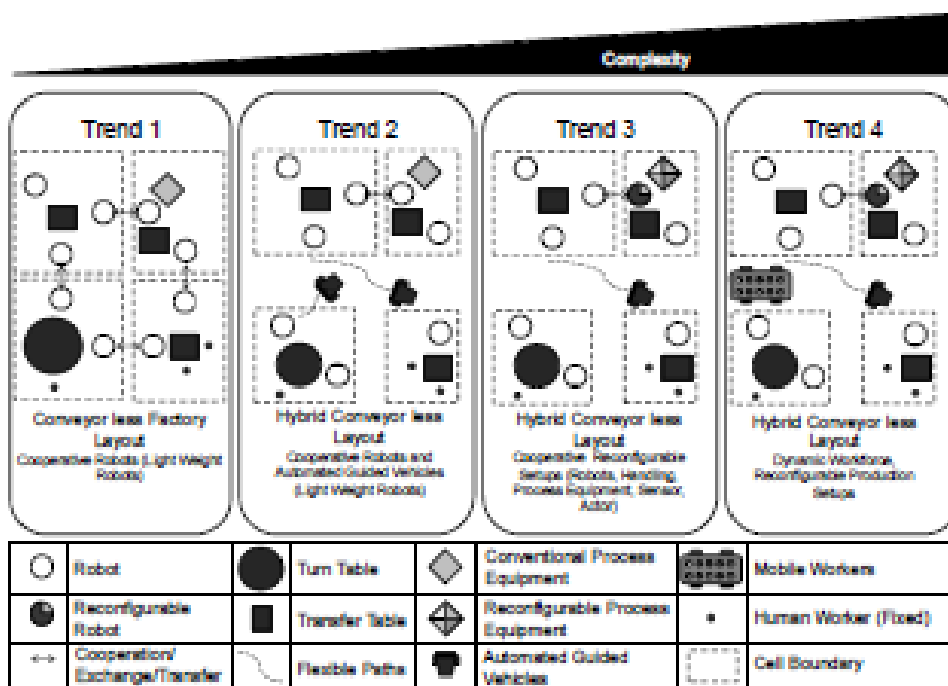


Рисунок 7 – Будущие тенденции в обрабатывающей промышленности

Появляющиеся тенденции показывают, что план для будущих установок производства будет автоматизированным, где предвидены и заменены транспортеры или производственные линии роботами так же, как автоматизированными направленными машинами для того, чтобы достигнуть высокой гибкости так же, как масштабируемости в производственных системах. Таким образом, значительно сократится время планирования, проектирования и ввода в эксплуатацию. Кроме того, коэффициент использования ресурсов, а также время пропускной способности будут увеличены с использованием реконфигурируемых установок и конфигурационных подходов во всех доменах производственной системы.

Стратегия реконфигурируемости в дизайне, а также планированию производственных установок. Оно позволяет быстрой и ровной конфигурации

установок достигнуть проектной производительности. В этом контексте, используемые ресурсы должны быть способны изготавливать продукты в небольших размерах серии вниз к единичной продукции, для производства продуктов. Эта возможность главным образом зависит от времени установки, гибкости каждой одиночной части ресурса (например инструменты или захваты), время, необходимое для изменения инструментов, калибровки устройств позиционирования, датчиков, а также их программирования. Кроме того, это также требует меньше изменений при вводе в эксплуатацию, а также в позиционировании, чтобы позволить использование одного ресурса для нескольких целей.

Эти цели рассмотрены путем представления трех различных примеров из производственных систем. Цель состоит в том, чтобы добиться перенастройки на разных уровнях в производственных системах. Следует отметить, что проблемы массовой настройки не могут быть решены путем сосредоточения внимания на каком-либо одном аспекте подходов, которые решают проблемы производственной системы, а также на тех подходах, которые последовательно применяются во всем производственном процессе. Первый пример относится к модульному и масштабируемому проектированию и разработке автомобильных соединительных установок с акцентом на две инновационные связанные технологии: адгезивное соединение и лазерная сварка [25]. Цель состоит в том, чтобы включить универсальное производство в сценарии массовой настройки, а также перенастроить производственные установки для новых задач и приложений.

Второй пример ведет такую стратегию, что, используя преимущественно промышленные роботы. Промышленные роботы несут большой потенциал для использования их в различных задачах через перепрограммирование, согласно их структуре и возможности. Использование роботов для обработки позволило изготавливать мелкие или средние партии. К тому же, затраты на развитие можно уменьшить значительно по мере того, как роботы более экономичны в сравнении

с механическим инструментом. Однако, эти роботы не обеспечивают необходимой точности по сравнению с станками для механической обработки.

В третьем примере подробно описывается стратегия внедрения реконфигурируемого подхода на уровне компонентов [26]. В данном примере особое внимание уделяется быстрым и плавным процедурам калибровки системы мониторинга с повторяемой точностью. Этот новаторский аспект принятия этой стратегии повышение надежности и уменьшение времени установки.

1.2.5 Реконфигурируемая производственная ячейка: присоединение ячейки

Современные производственные установки состоят из нескольких отдельных производственных ячеек, соединенных с одной или несколькими линиями. Новаторские установки продукции двух типов: модульные установки продукции и клетчатые установки продукции. Модульные установки продукции относительно предварительные установки, которые сконструированы для того, чтобы улучшить объем путем увеличения эффективности. Одним из таких примеров являются сборочные линии, переходящие в окончательные сборочные линии. Соответственно автомобильные циклы производства продукции включают несколько этапов состоящие из металлургического производства, сварки, окраске и окончательной сборки на сборочных конвейерах. Другая категория относится к клеточной основе макета, которая рассматривается как один из основных шагов. Они состоят из машин и роботов, собравшихся вокруг, чтобы выполнять несколько задач, таких как обработка материалов, а также их установка. Эти операции обычно выполняются одним оператором или несколькими работами.

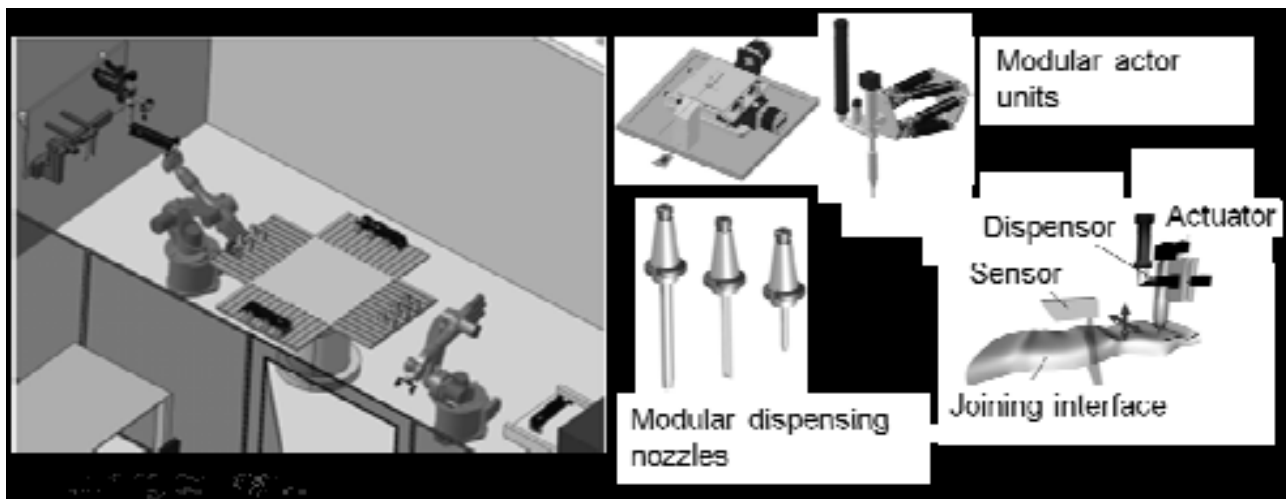


Рисунок 8 – Перенастроенная соединяющая ячейка (виртуальная модель)

Как упоминалось ранее, основным мотивом развития реконфигурируемых производственных ячеек является увеличение разнообразия вариантов с точки зрения новых материалов и размеров. Материальная разнообразность, увеличивала число соединя технологий, используемых для концепций нового продукта. Мульти-материальное тело — это пример в этом отношении. Таким образом, изменения продуктов приводят к переконструированную, как модернизация, соединя установки для регулирования, соединя и контролируя процессы [27]. К примеру, установки, связанные со сваркой и лазерной резкой. Подход перенастройки подхода решает тот факт, что гибкость должна быть повышена с уровня системы до уровня каждого компонента или наоборот. Сравнивая склеивания и лазерной сварки, интересный факт о них обоих является то, что они очень похожи. Однако основное различие заключается в их технологическом оборудовании, а также в соответствующих устройствах мониторинга процессов. Они могут быть модульной, чтобы разрешить переключение между процессом технологий. Оно вызван ровным обменом модулей установки и подсистем. В добавлении, регулятор оборудования технологии независимый должен быть интегрирован в установке для того, чтобы включить быстрое перестроение. Кроме того, функция на основе модульной программы управления могут быть использованы для быстрого переключения в модуле программного обеспечения. Такая установка включает высоки массу

подгоняла автомобильные тел-в-белые компоненты. Подгоняемые продукты охарактеризованы материальными комбинациями, материальной толщиной так же, как формами с различными размерами. Для того чтобы позволить соединить вариантов компонентов модуля пола используя такие же установки. Член модуля этаж адаптер и сиденья креста из разных вариантов транспортного средства, выбранный в качестве случае для соединения таких деталей в реконфигурируемой ячейки. Виртуальная модель, показанная на рис. 3, подчеркивает некоторые особенности выделения таких установок. Дозирующей системы, а также сопутствующих датчиков и исполнительных систем, модульные уметь адаптироваться под различные требования. Например, применение различных форм шарика облегчено путем использование такой же распределяя системы. Поэтому, форму клея можно изменить во время процесса в зависимости от соединяя спецификаций интерфейса между сопрягая частями. Онлайн приспособление сделано возможным путем обменивать сопла клея во время процесса. Кроме того, клетки пропускная способность увеличивается путем введения нескольких, а также различные модули этаж узлах. Процесс присоединения, в основном, осуществляется роботов в клетке. Точность позиционирования робота и повторяемость пути зависят от нескольких геометрических, а также кинематических факторов [28]. Применение шва необходимо сделать на правильном положении для того, чтобы достигнуть высокого совместного качества. За этой целью стоит заметное преимущество. Он уменьшает частоту процесса столба визуально проверяя соединений также, как родственные цены. Решение типа и пути робота независимое в форме блока актера датчика главного как прибор штепсельной вилки и продукции (см. диаграмму 3) можно прикрепиться в любой тип робота, для того чтобы исправить ширину и положение шва на тел-в-белых частях. Такой подход обеспечивает быструю перенастройку, так как он уменьшает усилия, связанные с обработкой данных измерений через контроллер робота, чтобы исправить путь робота в режиме реального времени. Кроме того, это также исключает необходимость частой калибровки траектории движения робота.

Важно, чтобы разоблачить то, что нет ИСО/стандарты EN и DIN, связанных с проектированием и безопасностью, доступный, который может помочь в слиянии двух клеток в одну вступления в промышленных масштабах. Это подчеркивает необходимость разработки таких стандартов для поддержки реконфигурируемых производственных ячеек, способных переключаться между технологиями во время процесса.

1.2.6 Реконфигурируемая производственная ячейка: обрабатывающая чейка
Клетка промышленного робота основанная подвергая механической обработке рассмотрена как пример для того, чтобы заново скомпоновать производственную систему на уровне клетки. Основные преимущества робота является то, что он легко настраивается, а также может быть использован для различных задач, используя легко заменяемые инструменты. Обработка деталей также очень гибкий в плане развития различных функций в части работы как форма продукта создается относительное движение между инструментом и деталью. Клетка промышленного робота, которая способна проводить механическую обработку увеличивая объем применения сравненных со стандартной с механической обработки клетке [29]. Возможность интеграции операций обработки добавляет гибкости в производственный процесс, так как не всегда требуется выполнять необходимые операции на специальном станке. В этом случае можно использовать промышленный робот. Это также уменьшает операции обработки и количество необходимых ресурсов обработки. Еще одно преимущество заключается в том, что производители часто имеют большое количество одного и того же типа роботов, чтобы сократить расходы на техническое обслуживание, подготовку запасных частей и обучение. Следовательно, плавное переключение между различными ячейками и линиями может быть включено. В обрабатывающей промышленности, например в автомобильной промышленности, промышленные роботы обыкновенно использованы для применений задачах точек заварки, где высокая повторяемость запрограммированных положений необходима. Они оптимизированы для выполнения таких повторяющихся задач.

Однако, им не хватает абсолютной точности позиционирования. Это особенно заметно, когда робот запрограммирован в автономном режиме, проходя обучение в процедуре. При выполнении на контроллере автономной программы робота, сгенерированной в такой ситуации, возникают ошибки из-за отклонений между 3D-моделью и реальной ячейкой, а также из-за несовершенства механической структуры робота. Автономная программирующая процедура неизбежна для программирования робота проведения механической обработки. Потому что программы для механической обработки содержат огромное количество запрограммированных пунктов. Это подчеркивает потребность найти разрешение для увеличения точности роботов; так, что их можно было более эффективно использовать, в процессах механической обработки. По мере того, как автономное программирование неизбежно для механической обработки предполагающий большое количество запрограммированных пунктов, разрешение необходимо для того, чтобы увеличить точность роботов абсолютную располагая. Соответственно методы для того, чтобы улучшить робот, располагая точность можно расклассифицировать или как модель основанная или основанный датчик. В методе, основанном на модели, положение роботов изменяется в соответствии с моделью, которая предсказывает поведение и деформацию робота при ожидаемой рабочей нагрузке. Она требует не только модели, которая покрывает все аспекты уместные к роботам представляют точность, но также точный прогноз усилий произведенных вовремя подвергая механической обработке процесса. Эти оторстчатые усилия необходимы для того, чтобы высчитать соответственно деформацию робота. Метод, основанный датчиком, полагается на измеренном отступлении между предназначенным и фактическим положением робота. В случае обнаружения отклонения движения роботов изменяются соответствующим образом. Время обработки для данных измерения может быть критическим для этой петли обратной связи, в частности, когда робот двигается с быстрым ходом. В представленном реконфигурируемом подходе используется сочетание обоих методов [22]. Вначале модельное основанное разрешение прикладной для того, чтобы произвести программы робота, которые включают правый подвергать

механической обработке без любого более добавочного изменения в программе. Это необходимое требование для один-в своем роде производства, чтобы избежать высокий процент брака. Решение на основе модели обрабатывает каждого робота как один объект. Это означает, что даже если взять двух роботов одного типа, их модели хранятся независимо друг от друга. Она учитывает допуски в производстве роботов и результирующую полосу пропускания соответствующих параметров точности робота. Основная идея этого подхода заключается в том, что каждый робот измеряется и поведении хранится в базе данных. Этот подход несет большой потенциал для сокращения времени и повышения доступности системы при обмене или замене роботов из-за простых и бесшовных процедур программирования. Вторая часть реконфигурируемого подхода работает во время фактического процесса обработки. Основанный датчиком метод компенсации использован путем измерять и определять отступления между инструментом и частью работы. Существенным преимуществом комбинированного подхода является то, что основные ошибки компенсируются подходом на основе модели при программировании робота. Тем не менее, незначительные ошибки позиционирования ниже или эквивалентны физически возможной точности робота все еще могут быть созданы на этом этапе. По мере того, как точность роботов ограничена самыми малыми возможными шагами для каждой оси, она не может компенсировать эти ошибки физически. Также форма инструмента изменяется по мере того, как режущие кромки инструмента создают нестатическую силу. Частоты этих флуктуаций кратны скорости вращения фрезерного инструмента, так как один наконечник инструмента имеет несколько режущих кромок. Вращательная скорость зависит от необходимой скорости вырезывания. Типичные вращательные скорости в масштабе 10000 об/ мин или выше, поэтому регулятора у робота нет что бы также то быстро компенсировать эти изменяя ошибки. В основном это связано с тем, что цикл интерполяции типичных контроллеров робота составляет около нескольких миллисекунд. Поэтому в качестве решения этой проблемы предлагается создать дополнительный механизм компенсации. Он манипулирует относительное

положение заготовки и инструмента. Высокая скорость движения с требуемой высокой скорости динамики и жесткости создаются с помощью привода платформы пьезо. Движения заемных средств с эластичного твердого состояния суставов. Основными трудностями при разработке таких приводов являются требуемые низкие задержки для измерения, соответствующее срабатывание и необходимые алгоритмы управления.

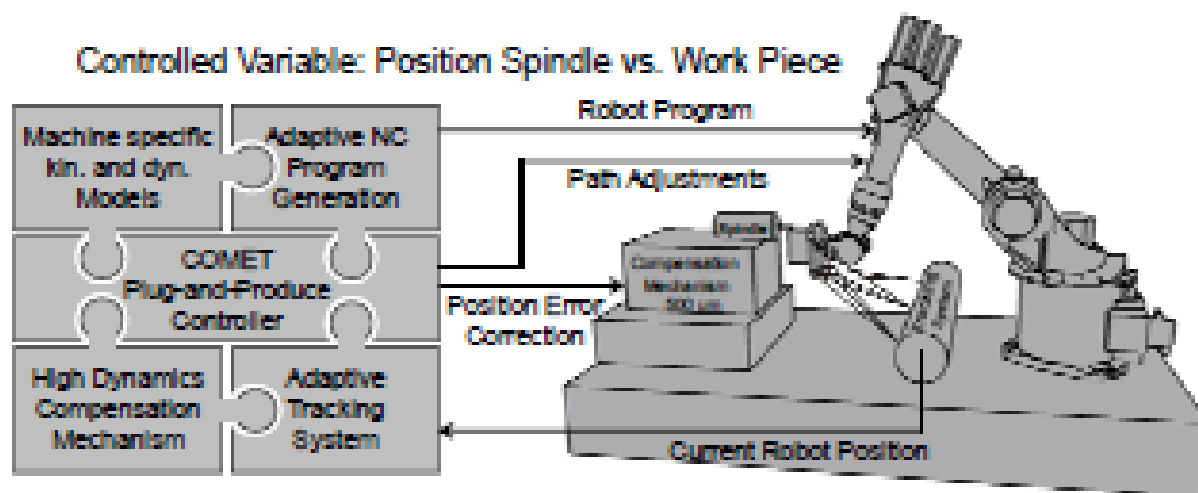


Рисунок 9 – Общая концепция проекта COMET

Важно отметить, что ошибки или проблемы, которые могут возникнуть в результате первоначального позиционирования робота, будут слишком большими или сложными для обработки только с помощью сенсорного решения. Общий подход COMET является многообещающим, поскольку эти ошибки будут компенсированы во время автономного программирования. Более малые отступления, которые следуют из несовершенства в математических моделях или неточности усилий можно компенсировать, вовремя процесса механической обработки. Сложные аспекты в основном связаны с задержками в коммуникации и вычислениях, а также с гладкой интеграцией каждого отдельного компонента.

1.2.7 Реконфигурируемая производственная ячейка: система мониторинга процесса

Датчики триангулирования лазера можно использовать в обширном диапазоне применения; в частности, они увидены в агрегате и соединяя деятельности. Их роль увеличивала в измерениях главным образом для в реальном масштабе времени измерений по мере того, как они поставляют высокую частоту точности и измерения. Интеграция таких датчиков для выполнения задач сборки значительно помогла сократить время сборки. Их возможность для того чтобы приобрести в реальном масштабе времени данные также, как наличие гибких алгоритмов анализа делает их соответствующим для путей контроля, краев и других контуров в нескольких соединяя, герметизируя и применений агрегата. Датчики используемые в сложной деятельности агрегата, например, в окне автомобиля соединяя, требуют высокого усилия ориентировать датчики в абсолютном положении в 6 размерах в установках изготовления. Она особенно необходима для преобразования измеренной информации из 2D в 3D относительно абсолютной системы координат. Кроме того, это необходимо, когда измеренные точки должны по сравнению со справочными данными САПР. Другой сценарий применения, который требует абсолютный располагать сослан к измерению больших частей. Множественные датчики использованы для этой цели, которая должна быть расположена в правильную корреляцию друг с другом. В противном случае, располагая ошибка от каждого из положений датчика сложила бы до произведете ошибку заметного значения. Третий случай применения относится к диапазону низких измерений лазерного датчика (несколько сантиметров). Для того чтобы отрегулировать датчики в всех 6 DOF, обычно цели измерения с известными положениями и ориентациями также, как специальная геометрия для того, чтобы определить вращения и переводы датчика приняты. Процедуры калибровки довольно утомительны и требуют много времени. Это связано с низкой точностью ручной манипуляции и зависимостями между 6 DOF в требуемых движениях малых значений. Имеющиеся продукты датчика не имеют никакого убедительное разрешение для этой проблемы, поэтому

была начата программа тарировки, которые помогают оператору во время ориентации датчика и также обнаруживают и исправляют остальную ошибку ориентации во время процесса измерения. На основе существующей калибровочной цели был разработан алгоритм, который анализирует данные, исходящие от датчика, и рассчитывает положение датчика относительно цели. По мере того, как положение датчика по отношению к цели задано от CAD, алгоритм вычисляет смещение от идеального положения и инструктирует оператора о направлении также, как размер к которому датчик необходимо отрегулировать для того чтобы получить положение. В этой связи важное значение имеют два аспекта. Во-первых, начало координат сенсорной системы координат обычно не является началом сферического соединения. Поэтому необходимо использовать дополнительную поступательную матрицу, описывающую смещение между совместным происхождением и происхождением датчика. Во-вторых, шесть степеней свободы влияют друг на друга, так что невозможно изменить одну степень свободы, не изменяя другую. Чтобы минимизировать эту проблему, алгоритм предлагает оператору оптимальный рабочий процесс, который DOF должен быть изменен следующим образом, чтобы уменьшить требуемые циклы итерации. По мере того, как почти невозможно и поэтому не практически отрегулировать датчик вручную в границах своей возможной точности, программа помощи дает оператору сигнал если датчик отрегулирован в пределах специфического допуска, который можно достигнуть с достаточным количеством времени и усилия. Оставшаяся погрешность используется для расчета матрицы компенсации, которая используется для коррекции измеренных профилей во всех степенях свободы. Описанный алгоритм использует функциональные возможности предварительной обработки сенсорного контроллера. Он не анализирует все точки измеряемого профиля. Фактически, он обрабатывает только те четыре отличительные точки пересечения, которые представляют ребра на целевой поверхности.



Рисунок 10 – Проверка алгоритма калибровки в лаборатории

При использовании этих точек шум отфильтровывается из измеряемого сигнала. Это происходит потому, что несколько точек используются для расчета положения целевой поверхности, а также положение точек пересечения. Путем анализировать расстояния между пунктами и углами между поверхностями цели, вычислена возможная плоскость в космосе, который представляет плоскость измерения датчика. Для поиска этой плоскости использовался алгоритм поиска "разделяй и властвуй". Для минимизации времени расчета было реализовано несколько условий выхода и предпочтительных стратегий, позволяющих в режиме реального времени определять смещение датчика и предлагаемые значения коррекции. Разработанные алгоритмы были проверены в лабораторной установке в среде, аналогичной промышленному используемому случаю. Лазерный датчик был установлен на центральной точке инструмента робота. Но вместо того, чтобы устанавливать лазерный датчик на комбинации сферических соединений, он был установлен на центральной точке инструмента промышленного робота, чтобы генерировать назначенные движения в разных направлениях. Таким образом, он также был проверен, и требуемое смещение уведомило, например, о смещении в 0,5 мм. Точность позиционирования робота

сопоставима с точностью, которая свершается с ручной ориентацией датчика. После обеспечения общей функциональности алгоритма были оптимизированы различные параметры (например, разрешенные оставшиеся допуски), чтобы обеспечить стабильный и практичный процесс калибровки.

Оценка экспериментов показала, что разработанный алгоритм работает в среде, сопоставимой с промышленным производством, и является более интуитивным в использовании и требует меньше времени для калибровки, чем другие доступные решения. Но было отмечено, что алгоритм чувствителен к изменениям ориентации, особенно вблизи желаемого положения. Это может быть оптимизировано путем принятия выбранных стратегий в этой конкретной области поиска. Кроме того, некоторые геометрические изменения цели измерения предлагаются для создания более надежного начального профиля измерения, чтобы помочь уменьшить отражения, которые еще больше нарушают сигнал измерения. Алгоритмы можно использовать для того чтобы заново скомпоновать любые новые датчик или группу в составе датчики в промышленном применении.

Реконфигурируемые стратегии в производственных установках на различных уровнях производственной системы. Для разработки реконфигурируемого подхода используются три примера. В первом примере реконфигурируемая конструкция соединительной ячейки вводится для обеспечения универсальности производства в массово настроенной производственной среде. Соединяя клетку, можно заново скомпоновать между 2 соединяя технологиями для того, чтобы позволить соединить вариантов смешивания тела в белых частях. Установка модульна также, как масштабируемо для того, чтобы достигнуть эффективной реконфигурации. Во втором примере, стратегия конфигурации для промышленного робота представлена механическая обработка клеткой. Целью этой стратегии является возможность быстрой перенастройки роботов для различных задач в процессе обработки. Гибридная модель с оснащением датчика компенсации была принята для генерации точных программ робота так же, как для того, чтобы включить компенсацию ошибок, которые произведены во время процесса. В третьем примере внедряется и

утверждается в качестве примера в лаборатории стратегия быстрой калибровки лазерного датчика в процессе мониторинга.

1.3 Перспективы производственной системы

Непредсказуемые изменения на рынке, вызванные глобальной конкуренцией, потребительским спросом и все более быстрыми изменениями в технологиях, создали новые отношения, технологии и общества. Современные требования рынка и высокая инвестиционная неопределенность привели к увеличению числа вариаций продукта и сокращению времени разработки и срока его службы. Производители должны разрабатывать глобальные стратегии, чтобы определить, где они стоят в развитии обрабатывающей промышленности и их производства, как интегрироваться в глобальную цепочку поставок и как улучшить свою собственную производительность. Для того, чтобы стать более конкурентоспособными во всем мире, необходимо внимательно следить за тенденциями на мировом рынке, такими как:

- короткий срок службы,
- большее количество версий продукта,
- меньше заказов, таким образом уменьшается Размер индивидуальной серии продукции,
- потребности и желания клиента имеют большее влияние на формирование продукты,
- частые изменения потребностей клиентов в связи с рыночной конкуренцией,
- быстрые изменения продукции и более дешевые продукты более высокого качества
- увеличенная доля небольшой серии и продукции изготовленного на заказ заказа,
- сильная международная конкуренция.

Залогом успеха является быстрое реагирование на запросы клиентов и изменения рынка, на основе новых концепций производства на основе разработки инновационных продуктов. Сильная потребность улучшить качество продукции и обеспечить их высокую приспособляемость к потребностям клиента. В промышленно развитых странах рынок создает среду приемлемых по стоимости, персонализированных продуктов. При этом каждый продукт отличается и изготавливается в соответствии с потребностями отдельного клиента (индивидуального рынка). Дизайн продукта и функциональность должны быть приведены в соответствие с культурными, региональными, климатическими и покупательной способности факторов тех клиентов целевого рынка. Платформа разработки должна быть модульной и расширяться поэтапно. Одним из способов реагирования на требования рынка является наличие реконфигурируемых производственных систем с мощностями, которые легко изменить и настроить, и функциональность которых может быть изменена для нового типа продукта при минимальных затратах в течение короткого периода времени. Применение таких систем должно иметь четкое экономическое обоснование.

Экономическая точка зрения связана с возможностью рационализации производства:

- сокращение времени обработки,
- уменьшение занятия механического инструмента,
- сократить сроки заготовки в мастерской,
- уменьшение размера мастерской,
- уменьшение штата укомплектовывая личным составом машину в мастерской,
- более короткие сроки изготовления,
- сокращение капитальных вложений по отношению к соответствующим традиционным решениям,
- повышение эффективности производственных мощностей.

Исходя из вышесказанного, можно установить, что рынок требует повышения производительности [9], высокого качества и гибкости, по низкой цене. Эти принципиально противоположные требования машин и систем трудны для того, чтобы достигнуть их одновременно. Необходимо достигнуть оптимального уровня между производительностью, гибкостью, качеством и ценой. Эти глобальные тенденции могут быть встречены только производственными системами, которые включают:

- высокая продуктивность,
- приемлемая цена в течение жизненного цикла продукта,
- производство высококачественной продукции,
- быстрое реагирование на изменение рыночных условий,
- увеличение дополнительных мощностей по мере роста рынка,
- изменение функциональности по мере изменения продукта.

Некоторые решения, направленные на повышение эффективности, находятся в новых технологиях и концепциях новых производственных систем. В таблице 1 приводится краткий обзор влияния отдельных технологий на эффективность системы.

Новая технология, безусловно, стоит отметить высокую скорость обработки (HSM). С этим, скорость вырезывания увеличена, и изменены механизмы покола и удаления частицы. Увеличение скорости обработки с уменьшением подачи и глубины приводят к снижению силы резания, которая подходит для обработки тонкостенных объектов. На высоких скоростях вырезывания, большинство жары возвращено в отделенные частицы, пока, подвергая механической обработке предмет и инструмент остаются относительно холодными. В последние годы наметилась четкая тенденция к разработке высокоскоростных технологий обработки, направленных на обработку сложных и закаленных материалов, особенно при изготовлении медицинских изделий. Важным условием для применения высокоскоростной обработки в закаленных материалах является использование соответствующего режущего материала / покрытия, тщательный выбор параметров обработки и соответствующая

стратегия обработки. В качестве генераторов инноваций в области производственных технологий следует также отметить сильное влияние разработки информационных технологий, систем управления, датчиков, приводных систем и достижений в области инструментов [21].

Оптимальные емкости новых технологий можно только полно использовать если конструкция механического инструмента включает увеличенные кинематические и динамические требования и, если они используют современные инструменты. Эти требования появились с появлением новых концепций строительных станков. Концепция производства, разработанная с целью решения проблемы обработки, зависит от формы изделия, размера изделия и требуемых операций обработки [10]. Область применения различных производственных систем в зависимости от гибкости, уровня автоматизации, количества различных заготовок и годового производства.

Сокращенный срок службы, повышенное разнообразие и качество выпускаемой продукции, с одновременным сокращением производственных затрат заставили целые производственные цепочки менять и находить альтернативные, эффективные производственные решения. Пределы гибкости производственных систем были перенесены через развитие и системы управления и привода, автоматизацию, контроль и диагностики, в дополнение к новым технологическим процессам. Высокоскоростные, изготовление гибких клеток было начато и имеет высокую эффективность, надежность и качество. Путем соединять эти клетки, возможно создать сильно эффективную и гибкую производственную систему. Гибкие производственные системы (FMS) обеспечивают заранее запланированную обобщенную собранную гибкость априори, пока преданные машины статические системы, построенные для определенной цели. Самое лучшее применение ФМС найдено в небольшом производстве серии. В последние годы реконфигурируемые системы (СУР) появились в ответ на рыночные тенденции, поскольку они могут изменять емкость и функциональность и, таким образом, быстро реагировать на изменения на рынке. Как таковой, реконфигурируемые системы представляют собой

оптимальное решение между требованиями к производительности и гибкости. Преимуществом такого подхода для адаптации к потребностям рынка является более высокая производительность и более высокая скорость производства (более крупные серии). Вторым важным преимуществом RMS является более быстрая способность изменять желаемый объем и трансформацию производства в рамках разумных затрат. С концепцией управления правами, производственные мощности могут варьироваться от небольших до крупных серий. В конечном счете, в каждом конкретном случае необходимо найти оптимальное решение с учетом суммарных издержек производства. В массовом производстве мелких деталей, сохранится склонность к разработке гибких специальных машин, в котором нет рецепт простые решения при выборе концепции и гибкость. В большинстве случаев, принятие реконфигурируемой модульной системы означает, что поставленные цели достигаются путем уточнения аппаратных и программных стратегий [11]. Таким образом, основополагающими характеристиками будущих производственных систем будут:

- модульность как основа будущего развития,
- разработка механических, электрических и программных интерфейсов,
- возможность применения интеллектуального сенсорного и диагностического оборудования для регистрации и оценки важных событий и текущего состояния системы и ее среды,
- способность собирать и повторять важный прошлый опыт,
- возможность подключения к внешним знаниям,
- способность достигнуть гармонии между человеком и окружающей средой.

Из вышеизложенного можно ожидать, что дальнейший прогресс в области технологического оборудования будет заключаться в разработке реконфигурируемых производственных систем с улучшенной точностью, эффективностью и автономией в рамках достижений современной технологии. В таких системах значительное влияние окажет применение интеллектуальных сенсорных устройств и современных технологий обработки сигналов. Оценки,

когда использовать гибкую клетку, когда нужно использовать гибкие специального станка или линии передачи, и когда использовать машины с изменяемой конфигурацией будет продолжать быть задачей инженера. Общая задача планирования процессов обработки должна быть в руках как производителя, так и пользователя. При этом быстрая, функциональная и скоординированная работа различных специалистов имеет решающее значение для подготовки концепций поставок и участия даже на уровне производства продукции.

1.4 Формулировка цели и задач

Цель работы:

Спроектировать механизм вращения для автоматически сменных станочных модулей призматической формы.

Задачи:

1. Разработать механизм пригодный для применения в автоматически сменных станочных модуля призматической формы.
2. Разработать 3D модель механизма и интегрировать его в тело спутника.
3. Проработать вопрос собираемости узла в теле спутника а также составить каталог используемой продукции.
4. Провести моделирование узла на предмет снижения технологической точности системы после внедрения.

2 Разработка концепции механизма кантования спутника призматической формы и его граней

2.1 Проработка общей концепции

Механизм вращения будет использоваться в агрессивной среде так же на него будут воздействовать в основном сила тяжести и осевая нагрузка. Так же механизм должен быть достаточно легким, компактным, простым в монтаже, надежным и недорогим как в производстве, так и в обслуживании [12].

Исходя из выше сказанного было решено сделать механизм полностью механическим, тем самым исключить применение электромеханических, гидравлических и пневматических элементов. Данное решение позволит значительно повысить надежность системы за счет исключения из решения более сложных и громоздких систем.

Согласно концепции RMS маршрут обработки строиться таким образом что бы оптимизировать и синхронизировать время цикла всех деталей на каждой позиции. Исходя из этого можно сделать вывод что плиты по отдельности вращать нет необходимости вместо этого предлагается вращать плиты попарно, т.е. противоположащие. Таким образом мы сократим время на кантование граней в два раза. Вращение одновременно всех четырех граней невозможно и ограничено конструкцией самого приспособления спутник.

Наиболее простым способом придания вращения плите является передача осевого вращения посредством мотора и вала, передающего вращение от мотора на плиту.

Мы имеем четыре квадратные плиты оси центров которых находятся в одной плоскости, из чего следует противоположащие плиты будут соосны друг другу и перпендикулярны второй паре плит [13].

Если мысленно провести осевые через центр пар противоположащих плит, то мы получим пересечение двух осевых к тому же так как данный спутник имеет кубическую форму, точка пересечения осевых так же является центром массы

спутника. Размещение механизма в центре масс спутника является наиболее оптимальным так как сохранит сбалансированную развесовку.

Для передачи момента будем использовать конические шестерни и промежуточные валы. Так промежуточный вал будет с одной стороны закреплен к плите, а на другой стороне будет установлена коническая шестерня (Рис.11).

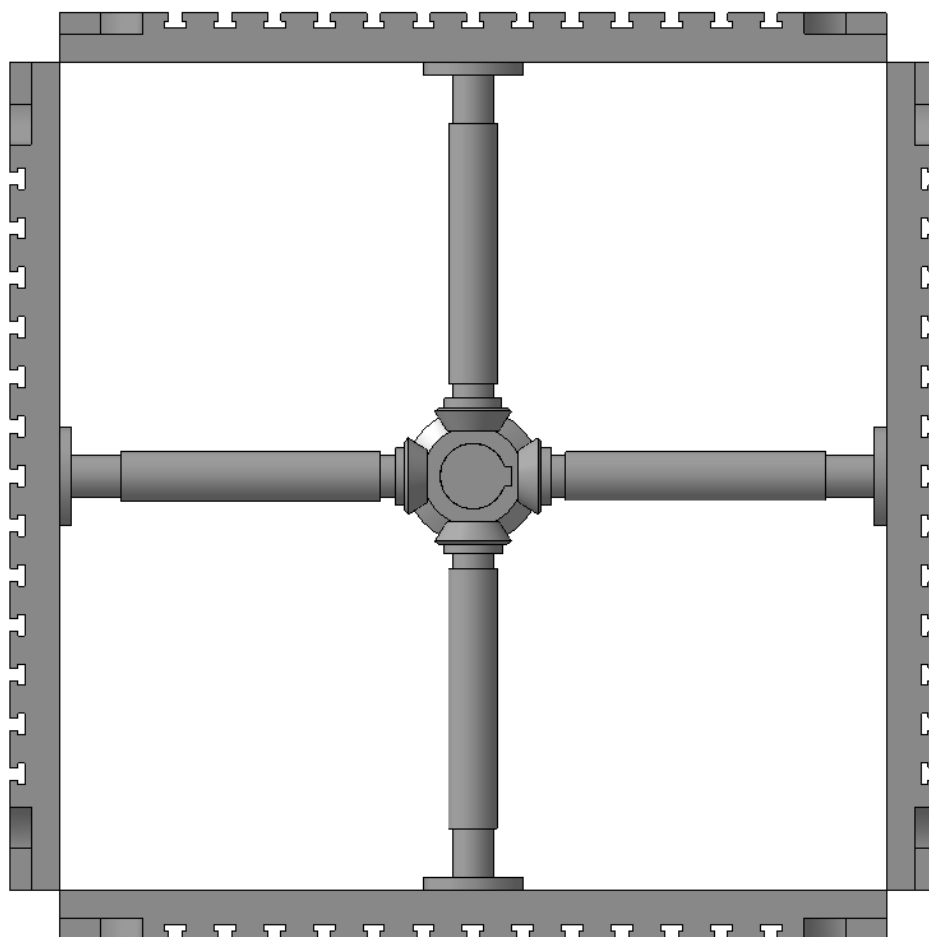


Рисунок 11 – Упрощенное представление редуктора

Такое решение позволит держать в зацеплении шестерни и передавать крутящий момент от мотора на плиты

Так как наш спутник имеет пять рабочих граней, а шестая грань используется под базирование спутника на рабочем столе станка (Рис. 12). Заведем приводной вал через основание спутника и рабочий стол станка перпендикулярно. Таким образом мы разместим мотор под рабочим столом и сэкономим пространство в рабочей зоне.

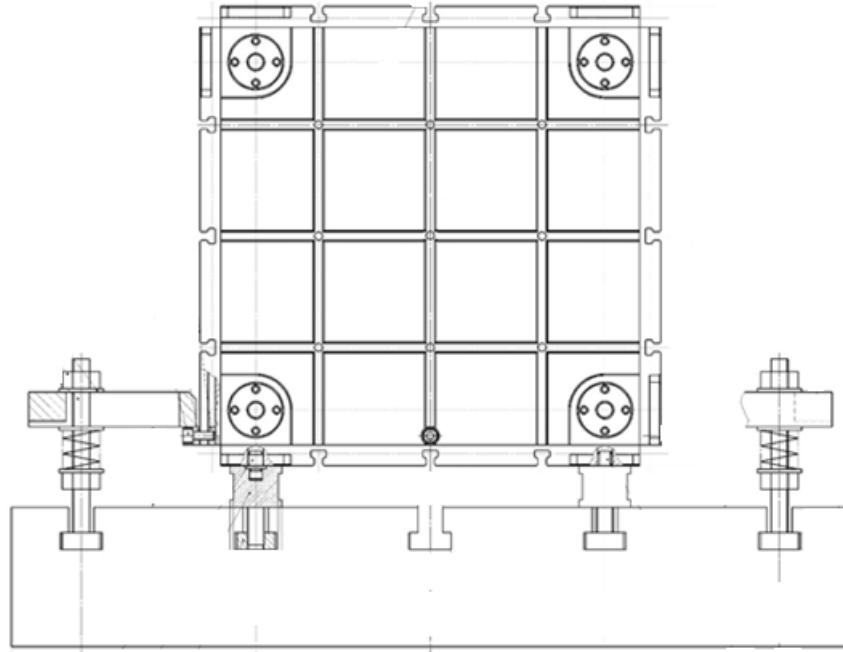


Рисунок 12 – Базирование спутника на столе

Применение гидромотора является наиболее оптимальным и целесообразным ввиду их компактности гибкости настройки и возможности смены направления вращения.

Имея коническую передачу одновременно на четыре вала при вращении гидромотора вращение будут осуществлять одновременно все четыре плиты что приведет к заклиниванию механизма, во избежание данной ситуации как говорилось ранее мы будем вращать противоположенные плиты спутника по парно [20]. Для этого будут использованы обгонные муфты, которые позволяют вращать вал только в одном направлении и прокручиваться в другом. Так поставив на валы одной пары плит обгонные муфты, мы получим свободное прокручивание муфты относительно плит, а поставив развернутые на 180° обгонные муфты на другую пару валов получим их блокировку и вращение плит. В итоге при вращении гидромотора по часовой стрелке будет вращаться одна пара плит при вращении против часовой стрелке вторая пара.

Опоры для валов установим в двух местах во избежание перекосов, неравномерных и повышенных нагрузок:

- Опора в виде самого корпуса узла;
- Опора на раме спутника.

Таким образом валы будут всегда сохранять свою позицию относительно центров плит и друг друга.

Вращение самого спутника будем осуществлять посредством поворотного рабочего стола. Такой подход является наиболее рациональным и оптимальным и позволяет не менять схему базирования спутника при кантовании. Что является критическим параметром при механической многономенклатурной пяти сторонней обработке. Современные станки практически все оборудованы поворотными столами что дает возможность кантовать спутник без необходимости усложнения конструкции и добавления функции вращения независимо от возможностей рабочего стола. Сама концепция RMS так же подразумевает что секции на рабочей реконфигурируемой зоне, выполняют сразу несколько функций как транспортировочные линии, по которым происходит перемещения спутника по маршруту обработки так и площадки под посадку модульных станков [9].

Фиксирование и расфиксирование плит спутника для вращения будет осуществляться с помощью электромеханических замков взамен втулкам, которые при сборке жестко фиксировали четырьмя винтами, что обеспечивает жёсткость закрепления плит в процессе механической обработки и автоматическое открепление при их кантовании.

2.2 Модернизация существующей конструкции.

Концепция механизма определена теперь необходимо провести изменение в конструкции для этого нам необходимо определить вводные данные.

В данном конкретном случае нам необходимы данные по максимально возможной нагрузке на плиту и вес самой плиты.

Согласно документации на УСП с пазами 8 мм максимальная масса детали может быть 5 кг и размером 180x480x240 мм исходя из этих данных и учитывая, что размер плиты составляет 500x500 мм получим максимально возможный вес плиты с наладкой около 70 кг [11,12]. Из этого следует что в момент покоя при расфиксированных плитах и в момент вращения на механизм будет действовать сила тяжести равная (Рис. 13):

$$F = m \cdot g \approx 70 \cdot 9,8 \approx 700 \text{ Н}$$

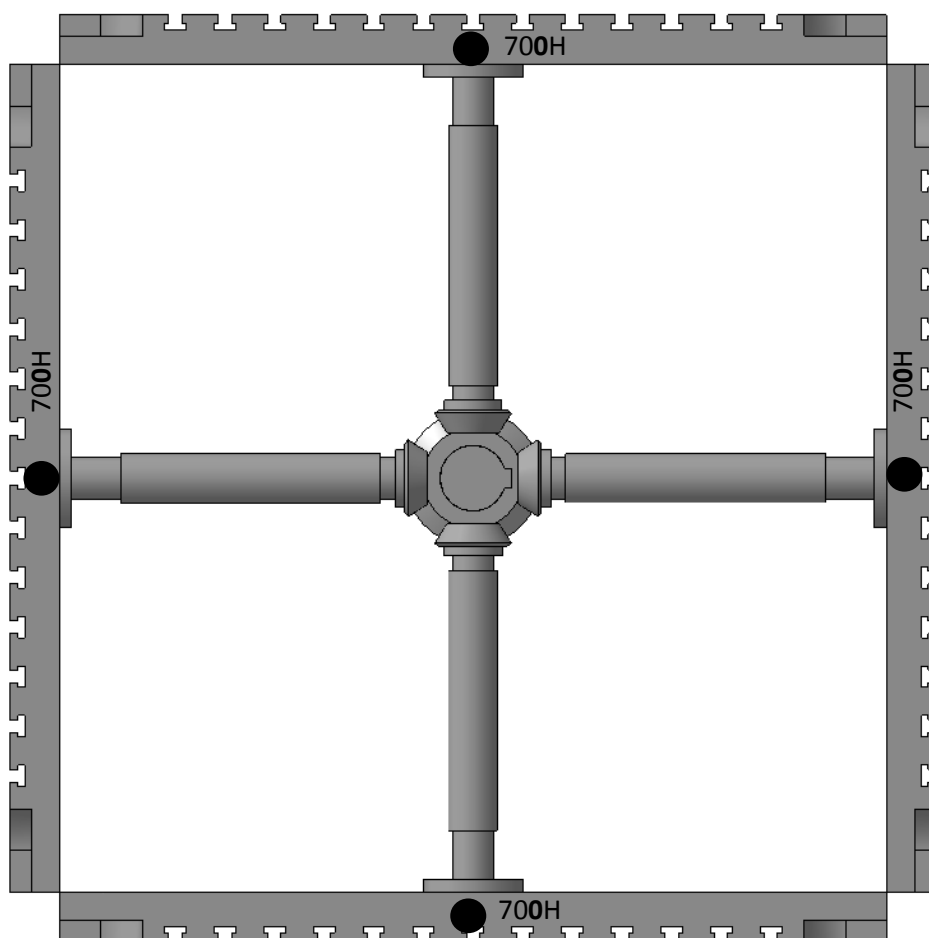


Рисунок13– Схема действия сил на механизм (вид сверху)

Более никаких сил воздействующих на механизм в покое нет.

Для спутника подбор элементов будет осуществляться преимущественно из стандартных деталей, которые будут соответствовать требуемым параметрам и габаритам.

Коническую передачу [32] выбираем с передаточным отношением 2:1 так чтобы шестерни не касались соседних и не возникало заклинивания механизма (Рис.14).

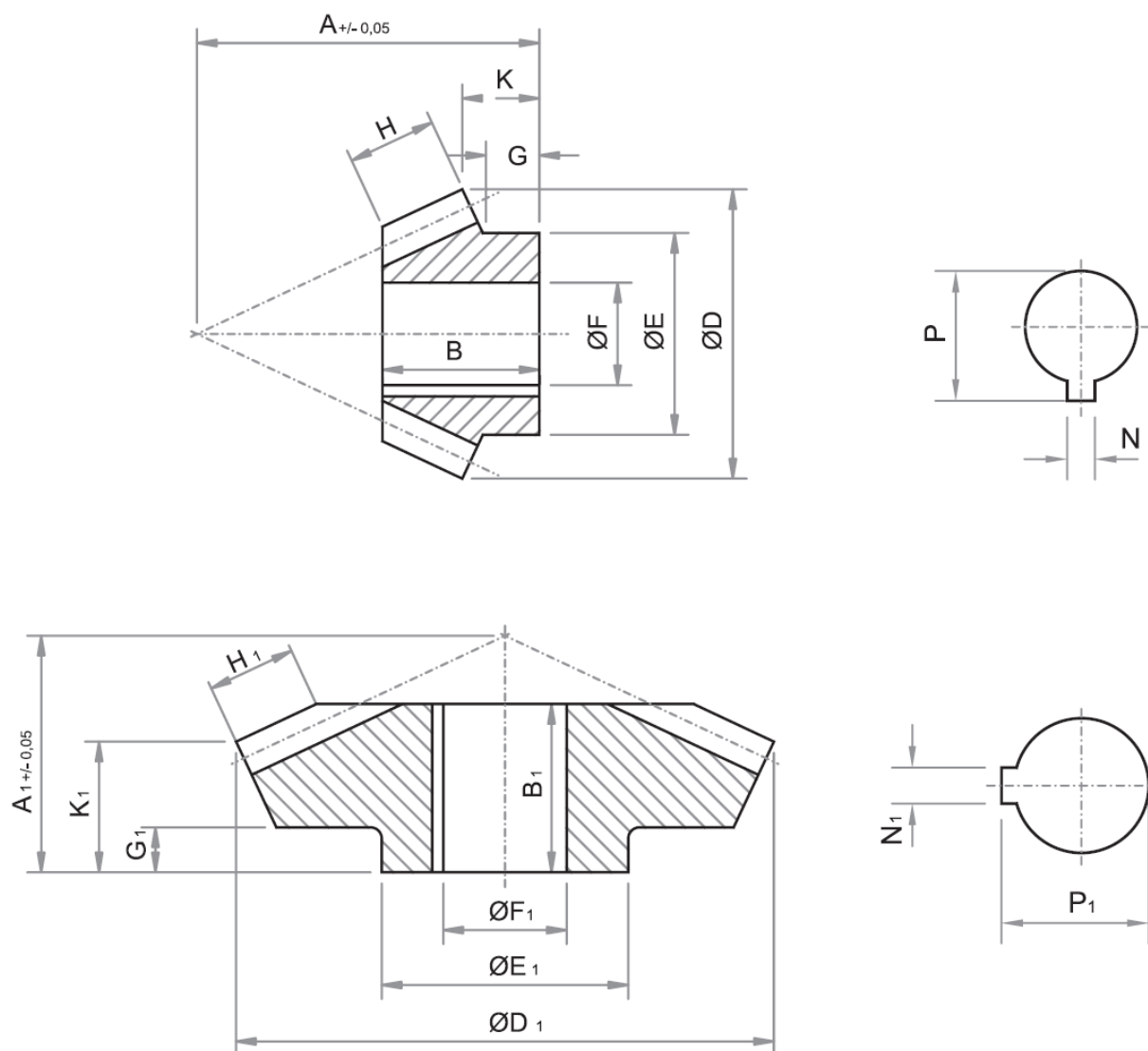


Рисунок 14 – Параметры конической шестерни

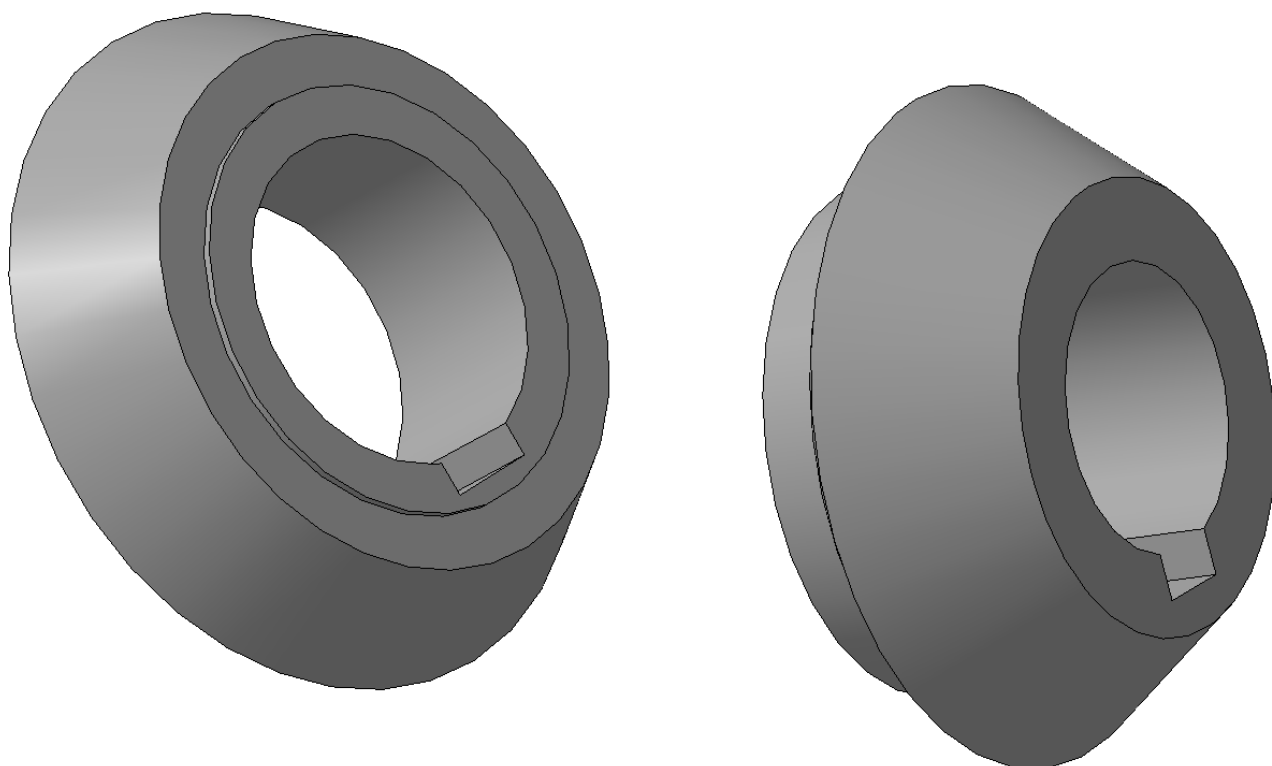
Таблица 1 –Размеры

i	z1	z2	ms	T2N Nm	A	B	D	E	F	G	H	K	N
2:1	15	30	2,7	80	47	19,5	46,5	35	20	5,8	14	7,7	6

Таблица 1 продолжение

P	A1	B1	D1	E1	F1	G1	H1	K1	N1	P1
22,8	37	23,5	82	52	40	1	12	18,1	12	43,3

Построим упрощенную 3D модель шестерен в программе Компас-3D для их визуализации (Рис. 15) Фиксация шестерен на валах осуществляется с помощью шпоночного паза.



а) большая

б) малая

Рисунок 15 – 3D модели конических шестерен

Следующим шагом станет модернизация рамы спутника, согласно концепции, конструкция рамы спутника так же должна обеспечивать центровку ведомого вала и предотвратить его от перекосов и снизить воздействие сил на механизм в целом.

Было принято решение установить опоры на раме таким образом чтобы в данных опорах была возможность фиксации подшипника. Так же необходимо решить вопрос трения внутренней поверхности плиты о поверхность самой рамы в момент вращения.

Опоры имеют конструкцию, устроенную таким образом что предусматривают запираение подшипника на валу (Рис. 16).

Опора не съемная и является неотъемлемой части трех палой крестовины. Буртик, расположенный на краю посадочного места под подшипник, выполняет

функцию запирающего элемента что так же позволяет жестко фиксировать вылет ведомого вала узла.

Канавки на поверхности трех палой крестовины необходимо для запрессовки сегментов колец упорного подшипника с шариками и сепаратором на плите так же исполнена канавка в полный диаметр под запрессовку кольца упорного подшипника (Рис.17).

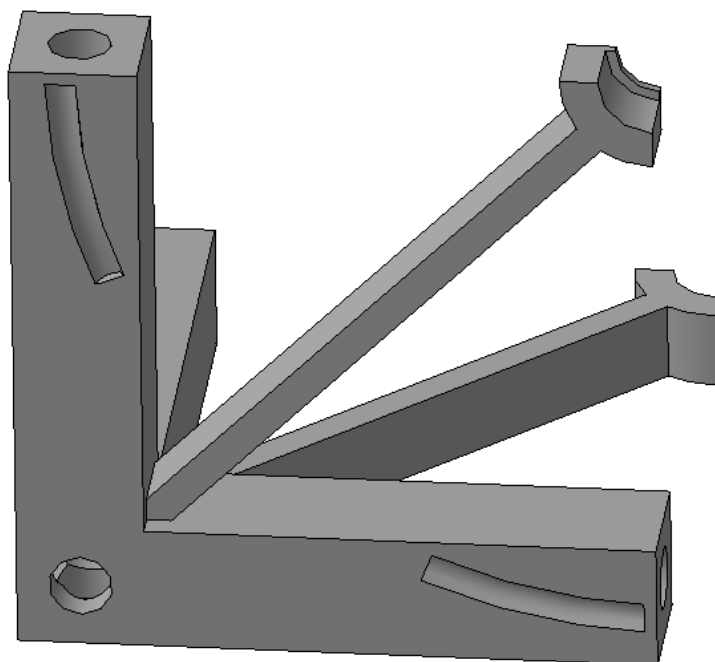


Рисунок 16 – Модификация трех палой крестовины

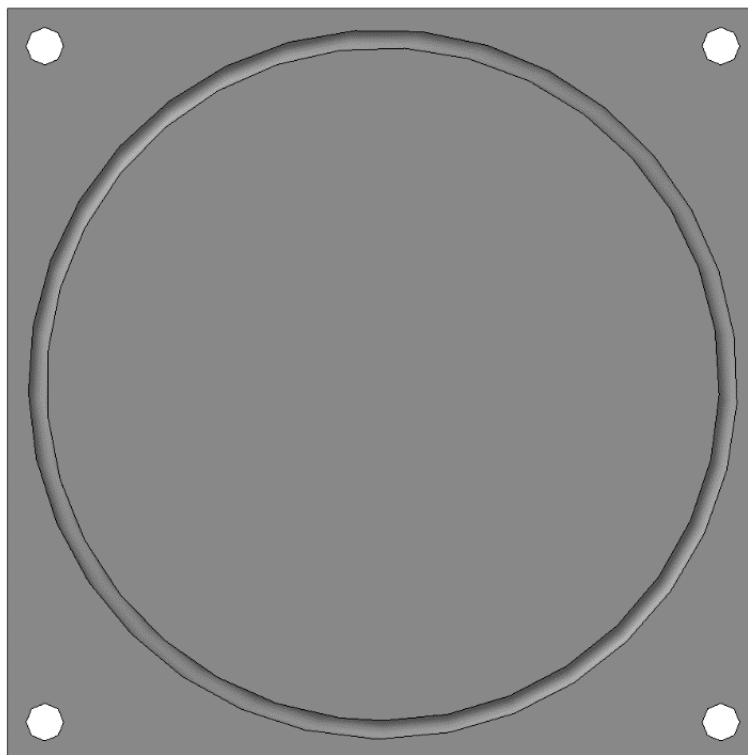


Рисунок 17 – Модификация плит

Данная конструкция обеспечивает снижение трения плиты о раму спутника. Следующим шагом является подбор подходящего подшипника под опору в спутнике:

Для примера взят каталог INA Подшипники качения. В данной ситуации наиболее подходящим вариантом для установки является комбинированные радиально-упорные шарикоподшипники с игольчатыми роликами с внутренним кольцом серии NKIB (Рис. 18). Данные подшипники воспринимают осевую силу в двух направлениях [30].

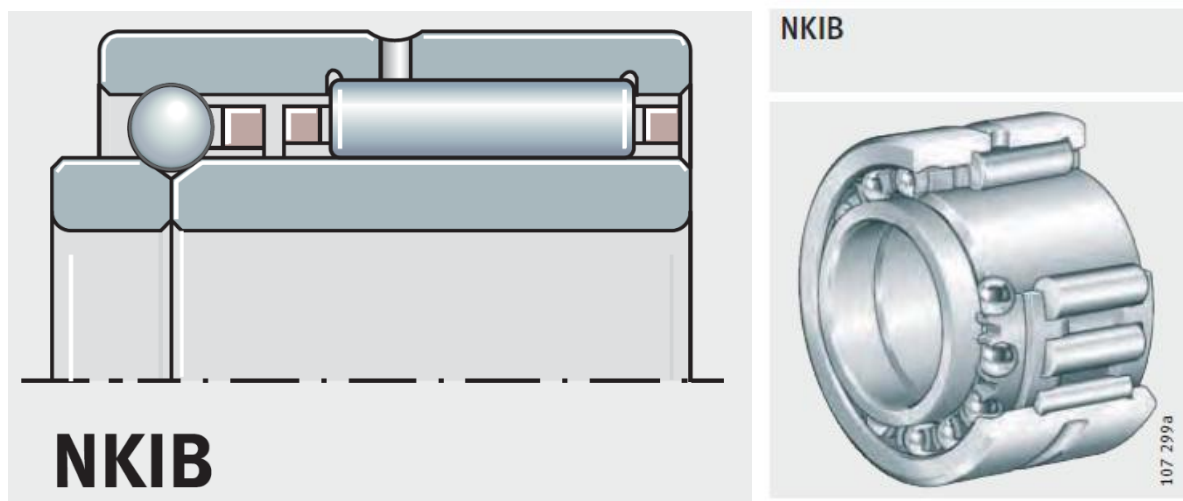


Рисунок 18 – Конструкция подшипника серии NKIB ф INA

Исходя из характеристик подшипника и его габаритов (Рис. 19) передадим необходимую форму опоре трехпалой крестовины.

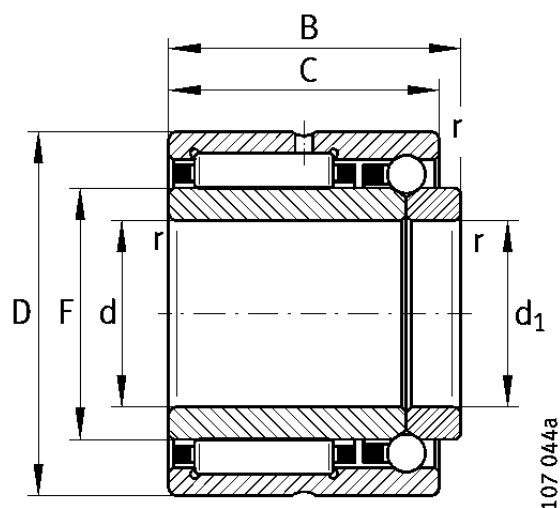


Рисунок 19 – Габаритные размеры серии NKIB ф INA

Таблица 2 – Размер подшипника NKIB5905 XL

Масса, г m	Размеры, мм						Грузоподъемность радиальная	
	d	F	D	B	C	r	дин. C _r , Н	стат. C _{0r} , Н
134	25	30	42	25	23	0,3	26 500	31 500

Как видно из таблицы 2 данный подшипник имеет значительный запас по грузоподъемности что предотвратит преждевременный его износ, а также позволит применять валы диаметром 25 мм. Подбор подшипников на прямую зависит от диаметров приводного и ведомых валов потому как в случае недостаточного диаметра вала его может обломать при радиальных нагрузках.

Следующим шагом станет подбор обгонной муфты. Данный элемент конструкции несет ключевую функцию и является центром всей концепции механизма. Данный элемент был выбран так же для примера из каталога продукции ф. NBS [31]. В целях компактности все фиксации будут организованы через шпоночные пазы (Рис. 20).

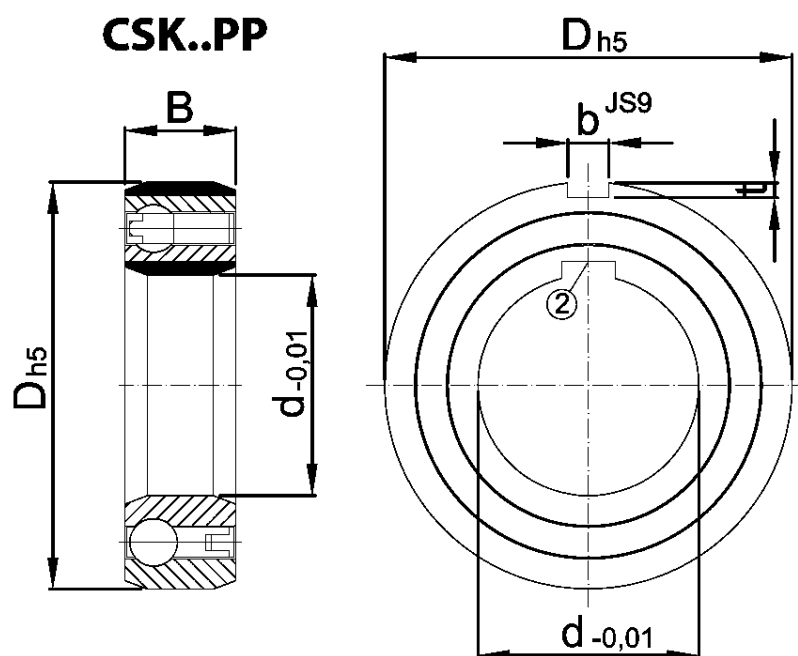


Рисунок 20 – Габаритные размеры серии CSK..PP ф. NBS.

Таблица 3 – Размер обгонной муфты CSK6204PP

Масса, г	Размеры, мм					Нагрузка подшипника	
	d	D	B	b	t	дин.	стат.
m						C, Н	C ₀ , Н
110	20	47	14	3	1,5	9400	4460

Как видно из таблицы 3 данная обгонная муфта имеет определенный запас прочности в статическом положении таким образом преждевременный износ муфты будет исключен.

Обгонная муфта будет держать на себе вес плиты для того, чтобы закрепить муфту на валу и на плите необходимо провести небольшую модификацию плиты так как текущее исполнение не подразумевает установку обгонной муфты как на плиту (Рис. 21), так и на вал (Рис. 22).

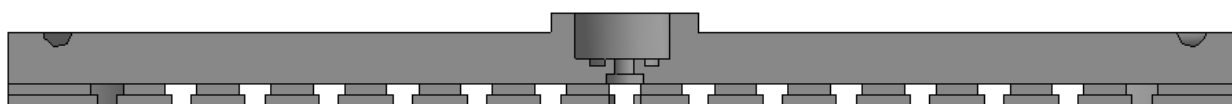


Рисунок 12 – Исполнение плиты под посадку обгонной муфты

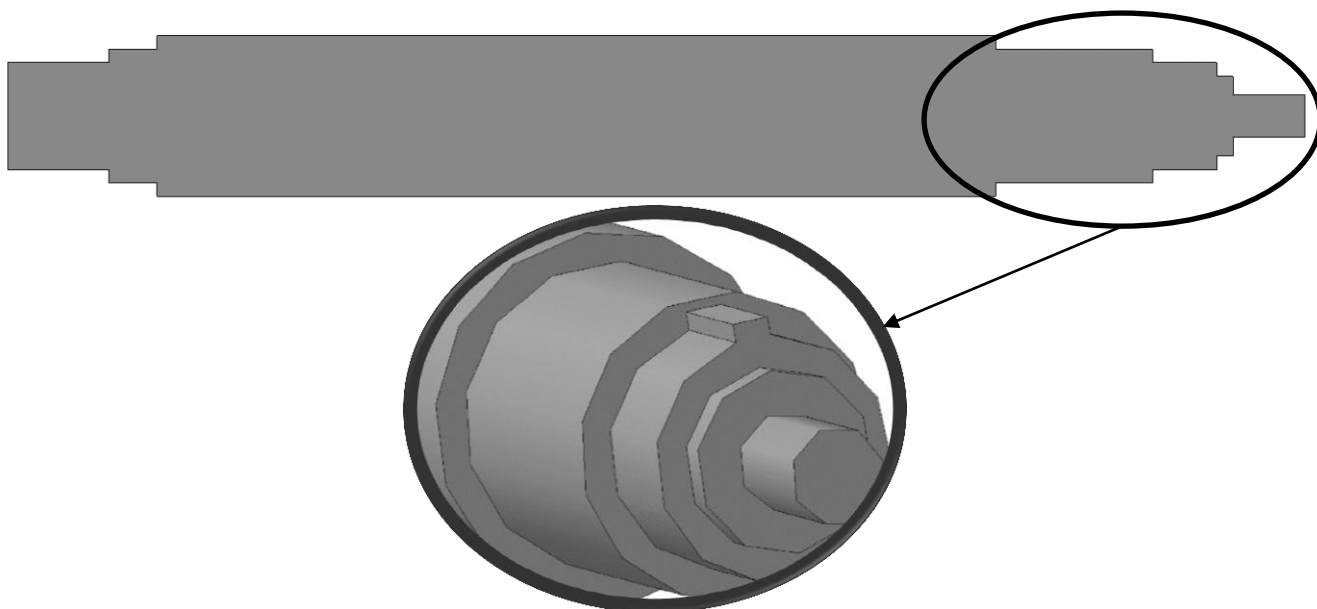


Рисунок 22 – Исполнение вала под посадку обгонной муфты

Так как присутствует соприкосновение торца вала с плитой было принято решение по установке упорного подшипника.

Для примера был установлен шарикоподшипник упорный одинарный производства ф. INA 51102 [1] (Рис. 23).

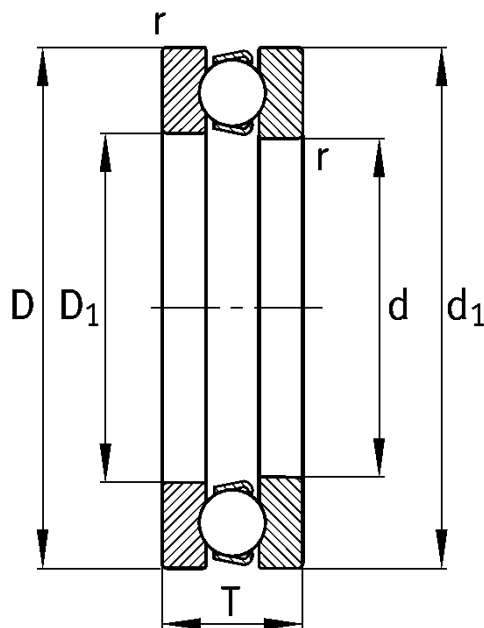


Рисунок 23 – Габаритные размеры серии 511 ф. INA

Таблица 3 – Размер шарикоподшипника упорного одинарного серии 511

Масса, г m	Размеры, мм						Грузоподъемность	
	d	D	T	D ₁	d ₁	г мин.	дин. С, Н	стат. С ₀ , Н
24	20	47	14	3	1,5	0,3	10600	16600
303	30	60	22,6	32	60	1	38000	65500

Для запирания шарикоподшипника упорного и обгонной муфты со стороны плиты на валу необходимо сделать сквозное отверстие на плите и нарезать резьбу М6 на валу после чего зафиксировать конструкцию гайкой.

Так же был установлен подшипник этой серии 53306 и на приводной вал он запрессовывается на вал с одной стороны, а с другой, упирается в базовую плиту.

Для этого нам понадобится сделать скосы на шпоночных пазах в целях облегчения установки и затяжки гайки (Рис. 24). Так же площадку под гайку утапливаем в плиту на расстояние так чтобы гайка в конечном положении находилась в плоскости плиты (Рис. 25).

Рассмотрим компоновку самого узла.

Конические шестерни фиксируются на валу с помощью шпоночного паза. Ведомые шестерни узла под воздействием сил описанных выше стремятся подняться выше, что не обеспечивает необходимого зазора и позиционирования в узле между ведомыми и приводной шестерней.

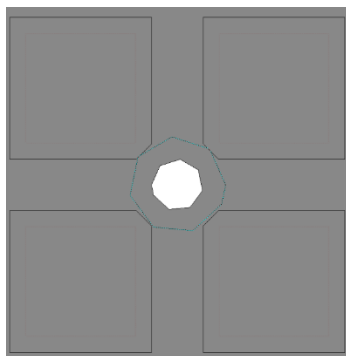


Рисунок 24 – Фаски на плите под гайку



- 1 – Вал ведомый; 2 – Плита; 3 – Упорно-радиальный подшипник;
4 – Муфта обгонная; 5 - Шарикоподшипник упорный одинарный;
6 – Гайка М6.

Рисунок 25 – Крепление плиты к валу в сборе (в разрезе)

Корпус позволит жестко с позиционировать узел и обеспечивать как для ведомых валов, так и для узла в целом опору. Корпус будет разборный и состоит из двух частей нижняя часть (Рис.26) позиционирует приводной вал и ведомые

валы, а верхняя часть (Рис. 27) имеет кронштейн, который крепится к верхней плите, которая в свою очередь является жестко закрепленной.

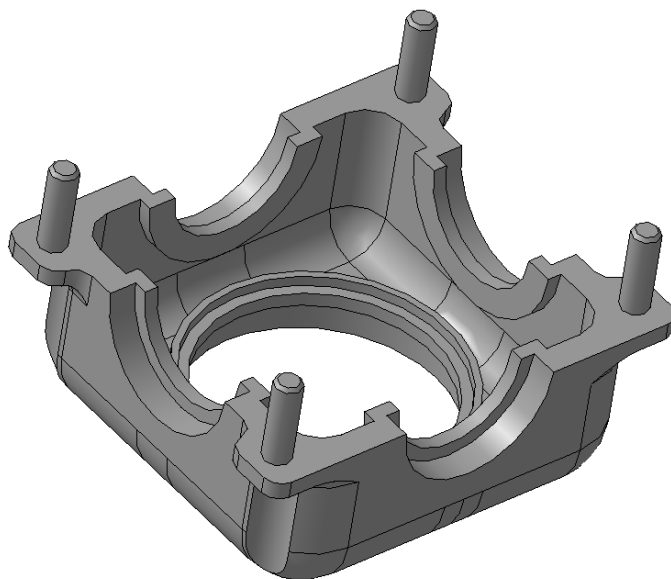


Рисунок 26 – Корпус узла нижняя часть

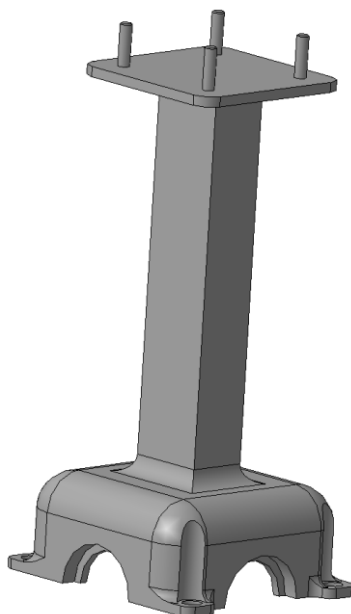


Рисунок 27 – Корпус узла верхняя часть

Во избежание заклинивания механизма и снижения трения корпуса о валы в местах их контакта запрессовываются подшипники.

Для примера был установлен шарикоподшипник радиальный производства ф. INA 16005 (Рис. 28) на ведомые валы и подшипник 16009 той же фирмы на приводной вал. Габаритные размеры указаны в таблице 4.

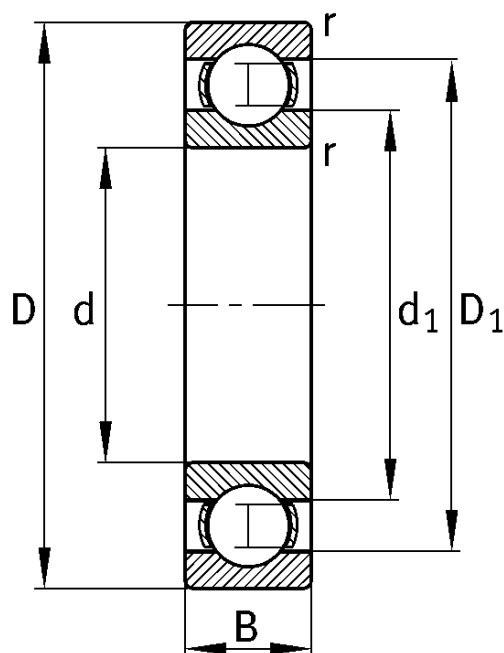


Рисунок 28 – Габаритные размеры серии 16005 ф. INA

Таблица 4 – Размер шарикоподшипника радиального 16005

Масса, г m	Размеры, мм						Грузоподъемность	
	d	D	B	r мин.	D ₁	d ₁ мин.	Дин. C _r , Н	стат. C _{0r} , Н
55	25	47	8	0,3	39,7	32,2	7200	4650
167	45	75	10	0,6	65,6	55	15600	12200

Вал спроектирован таким образом что подшипник садиться на него до упора в буртик и запирается, с другой стороны, подсочным местом корпуса под внешний диаметр подшипника.

Кронштейн так же прикручивается к верхней плите на четыре гайки М6. Таким образом гарантируется жесткое позиционирование механизма кантования внутри рамы спутника.

2.3 Анализ и порядок собираемости механизма

Проработка концепции узла, а также подбор элементов для его сборки завершен необходимо проанализировать его собираемость для определения целесообразности дальнейших расчетов.

В следствии модернизации рамы спутника изменился и порядок его сборки. Сборка начинается на столе станка (Рис 29).

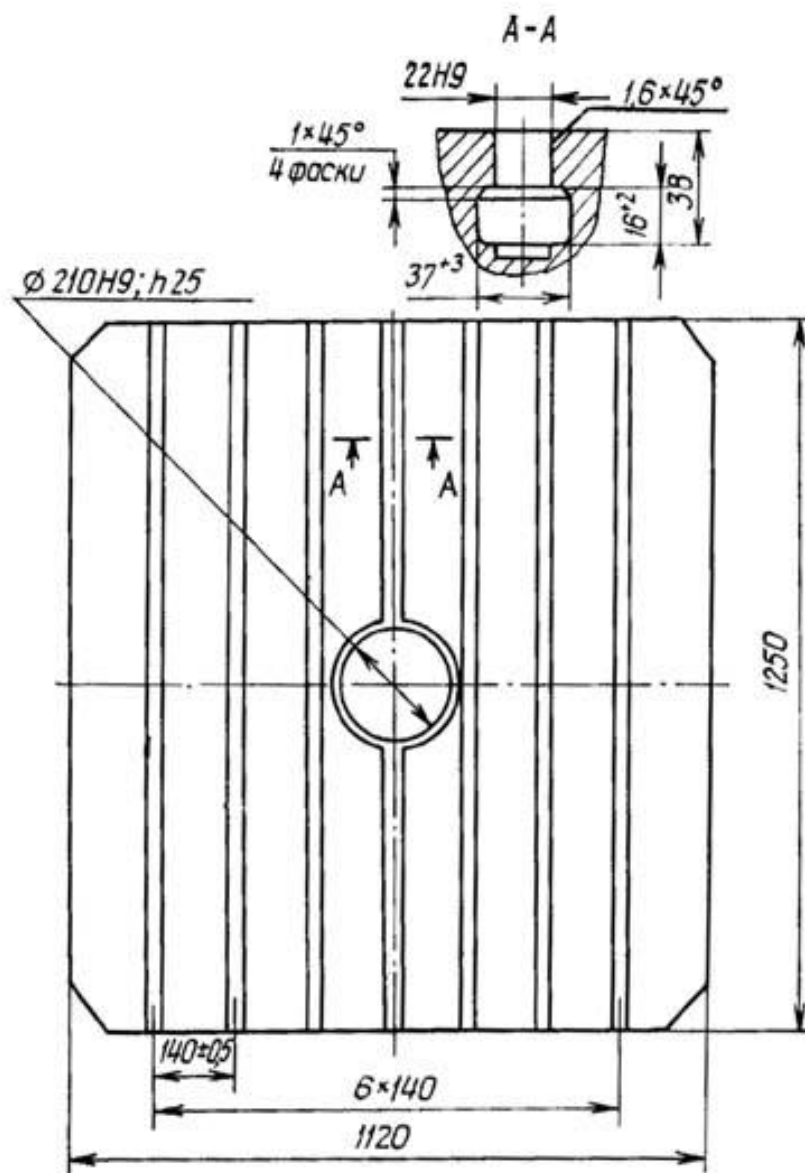


Рисунок 29 – Рабочий стол станка

На рабочий стол станка устанавливаются четыре опоры крестообразной формы (Рис. 30). На опоры устанавливается базовая плита спутника по специальным позиционирующим пазам (Рис.31) и данная конструкция скрепляется спец болтом и гайкой М10 (Рис. 32).

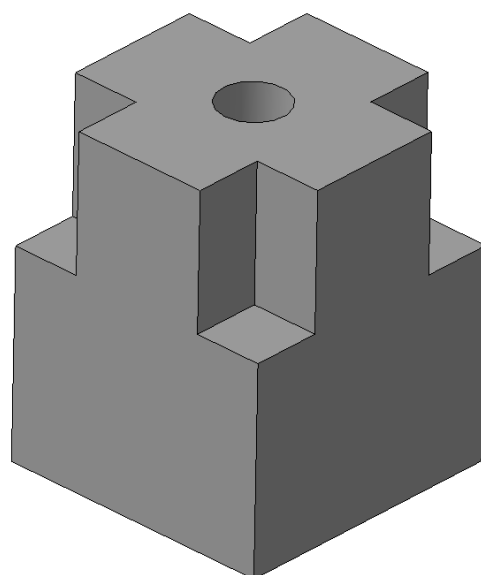


Рисунок 30 – Опора крестообразной формы

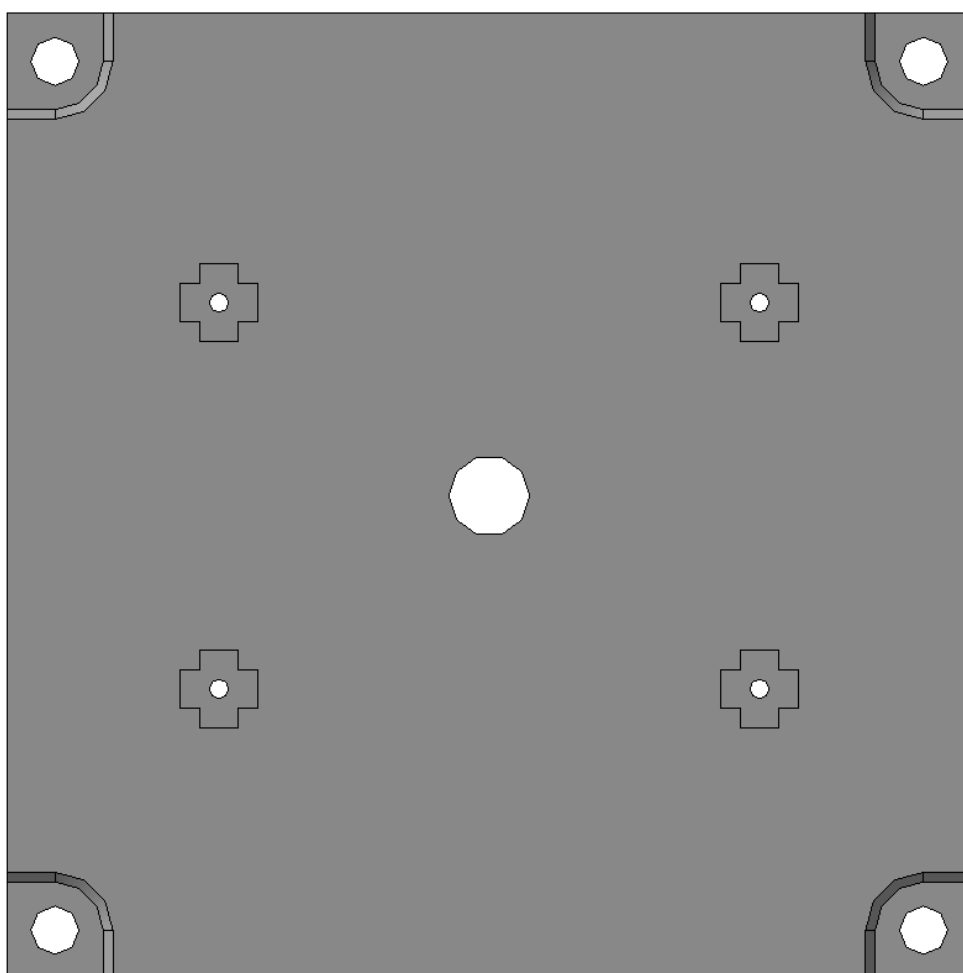


Рисунок 31 – Плита базовая

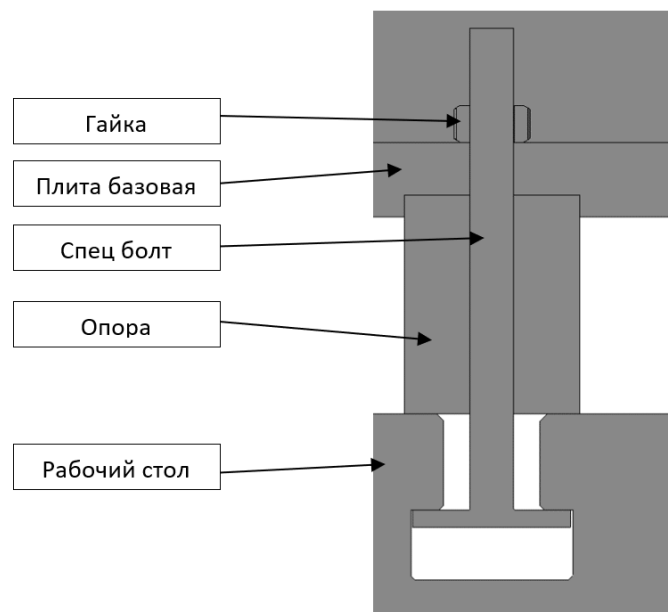


Рисунок 32 – Крепление базовой плиты опоры и рабочего стола (в разрезе)

Следующим шагом собирается нижняя половина рамы спутника вместе с базирующими втулками под стяжку с верхней половиной рамы (Рис.33).

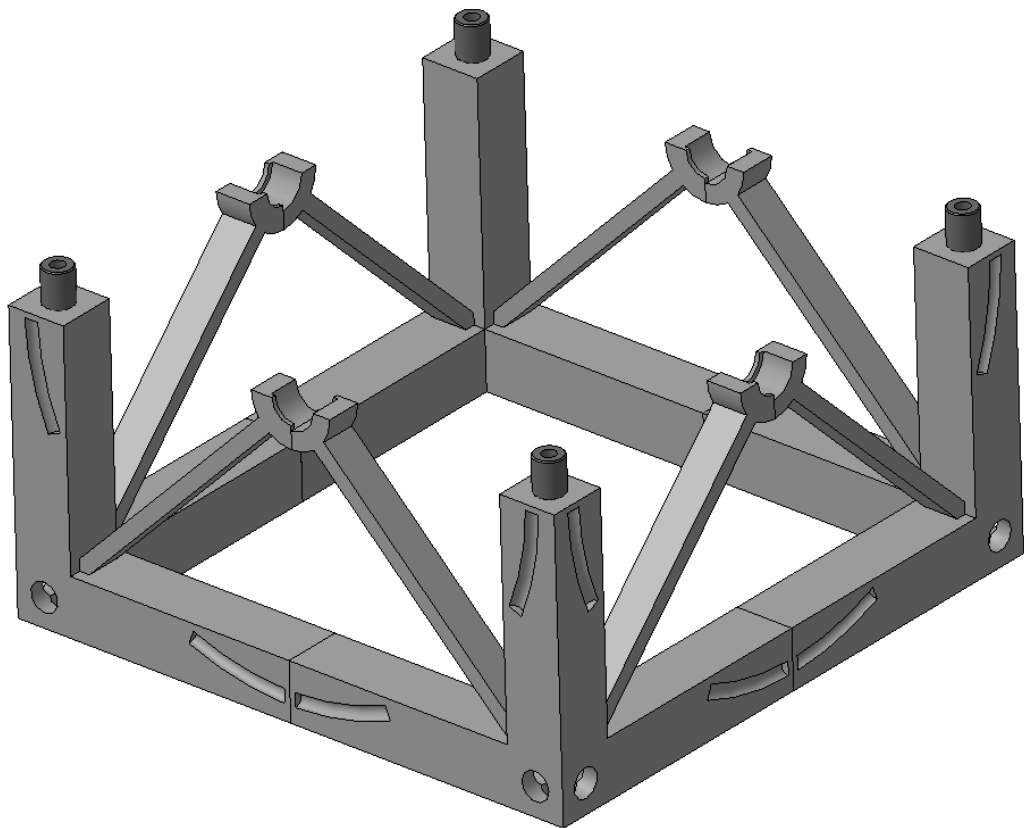


Рисунок 33 – Нижняя половина рамы спутника

Сборка трехпалых крестовин между собой не изменилась (Рис.34). Соединение трехпалых крестовин – 1 осуществляется с помощью двух винтов – 2 и втулки – 3.

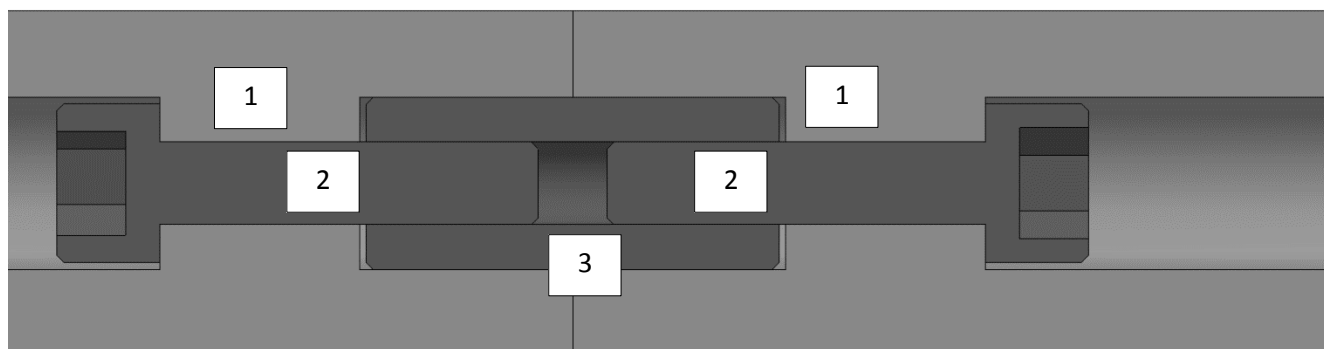


Рисунок 34 – Сборка крестовин (в разрезе)

Затем подсобранная половина крестовины крепится к базовой плите по средством втулок (Рис. 34).

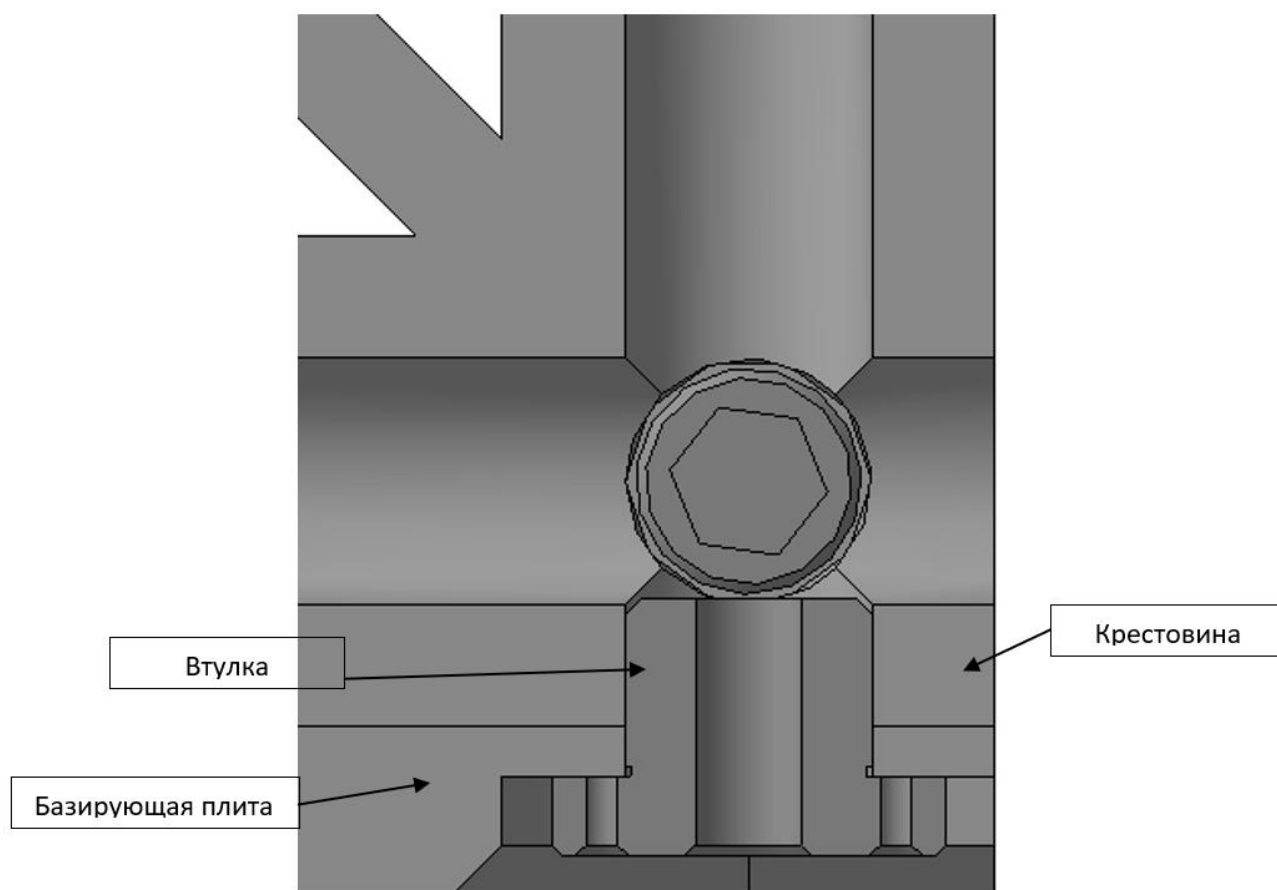


Рисунок 34 – Крепление позиционирующей втулкой (в разрезе)

Следующим шагом происходит сборка валов. На приводной и ведомые валы запрессовываются все подшипники с обеих сторон (Рис.35).

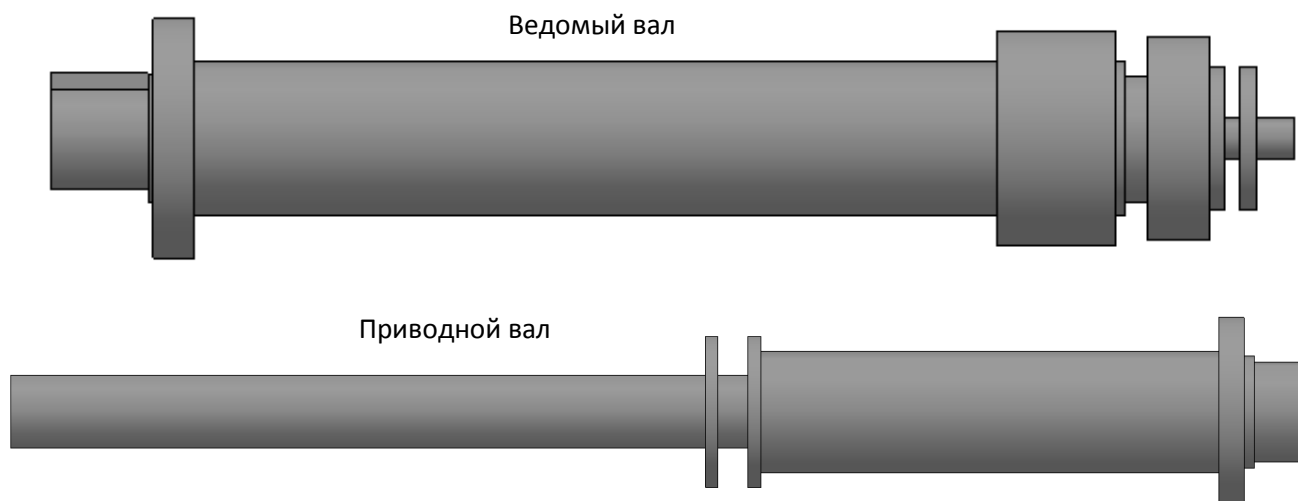


Рисунок 35 – Запрессованные подшипники на валы

Теперь, когда подшипники запрессованы на валы устанавливаются конические шестерни и фиксируются шпонкой (Рис. 36).

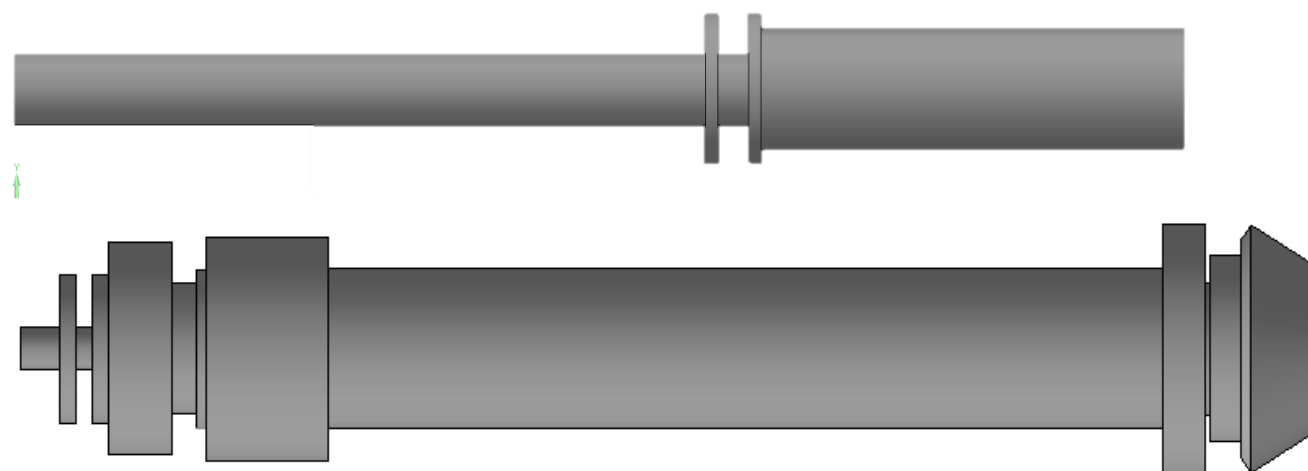


Рисунок 36 – Запрессованные конические шестерни на валы

Из-за того, что плиты спутника в среднем весят около 30 кг то, имеет смысл запрессовать ведомые валы сразу в них перед установкой валов в узел (Рис. 37). Так же стоит отметить, что оставшиеся подшипники на валу будут устанавливаться в разъемные посадочные места что значительно мене трудоемко чем запрессовка.

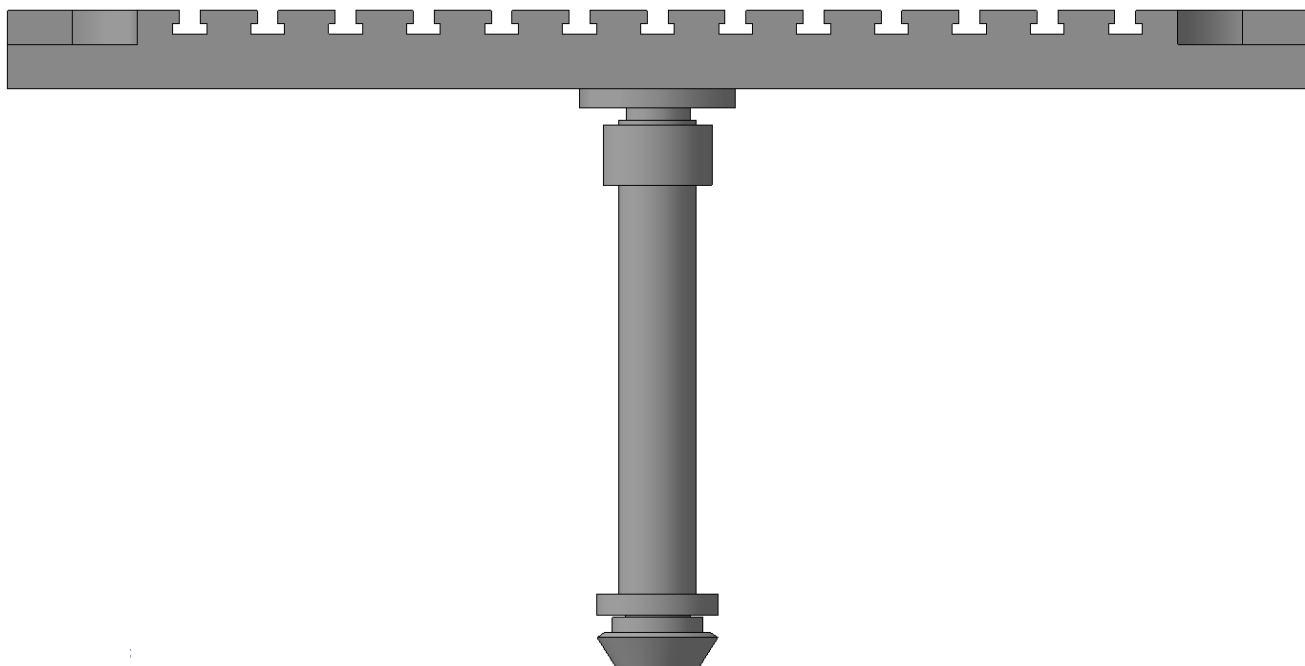


Рисунок 37 – Вал ведомый в сборе с плитой и подшипниками

После запрессовки вала в плиту идет запрессовка нижней части корпуса на приводной вал спутника (Рис. 38).

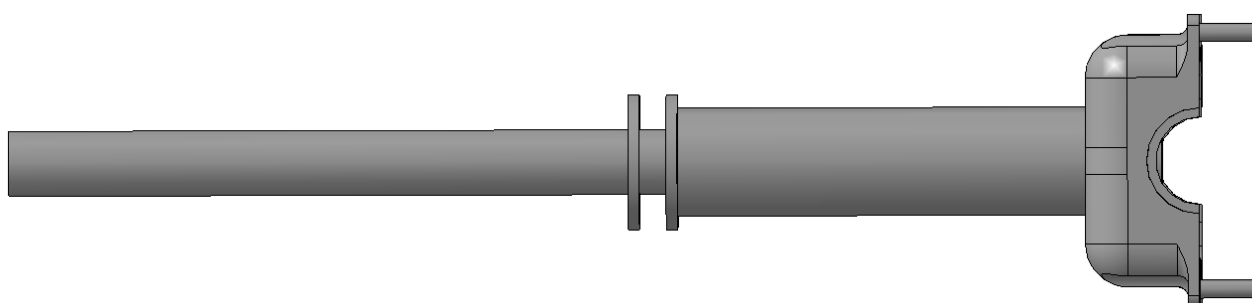


Рисунок 38 – Вал приводной в сборе с нижней частью корпуса

Данные под сборки устанавливаются в раму спутника. Приводной вал упорным подшипником запрессовывается в базовую плиту спутника, но не до конца так чтобы оставался небольшой зазор в 2-3 мм. А затем устанавливаются подсобранные валы. Каждый их 3 них устанавливается на посадочное место на рамной опоре спутника упорно радиальным подшипником с одной стороны и радиальным подшипником на нижнюю часть корпуса с другой стороны (Рис. 39). Такой порядок сборки обеспечивает в моментах, когда подсобранные элементы находятся в не закрепленном положении устойчивость к само опрокидыванию,

что в свою очередь позволяет собирать спутник одному человеку без риска получения травмы при падении тяжелых элементов в процессе сборки.

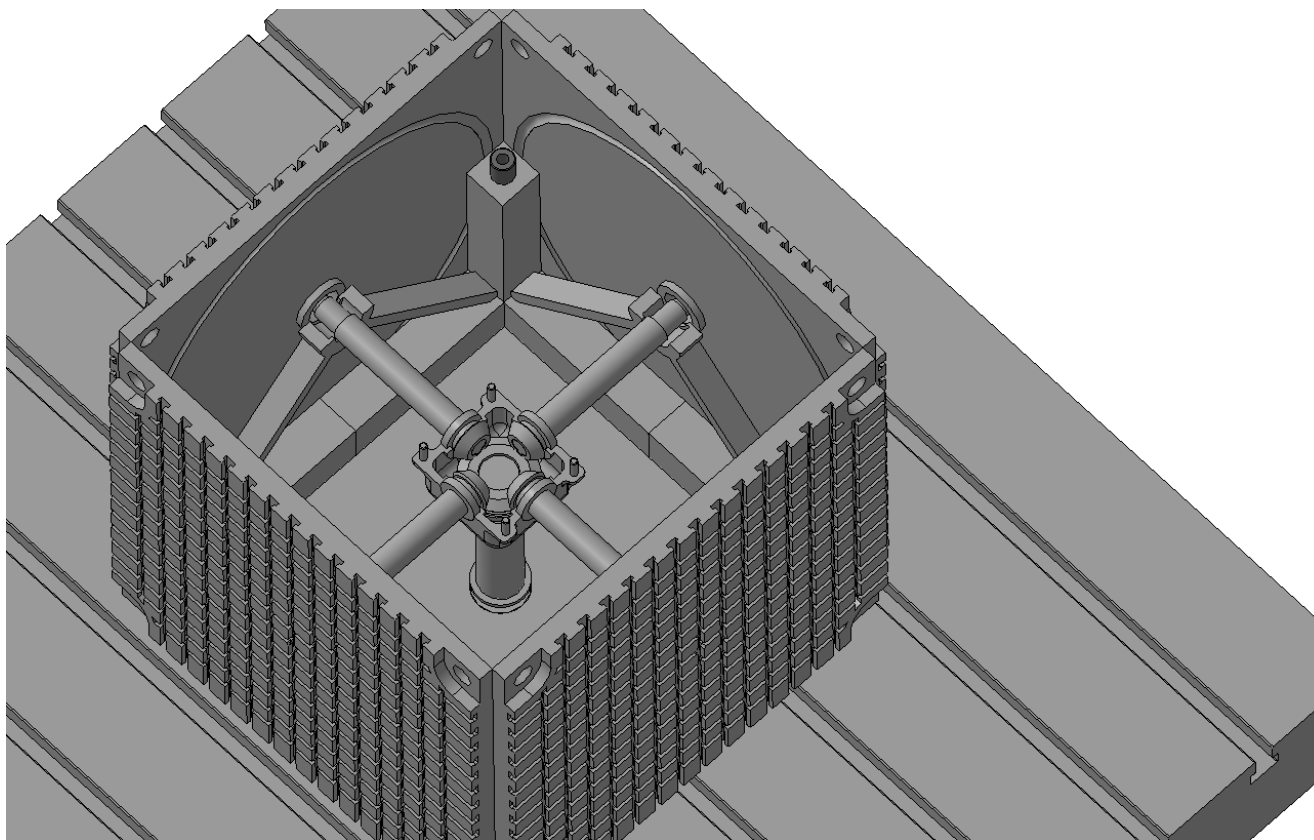


Рисунок 39 –Сборка спутника с плитами и нижней частью рамы

Следующим шагом собирается верхняя половина рамы спутника (Рис. 40).

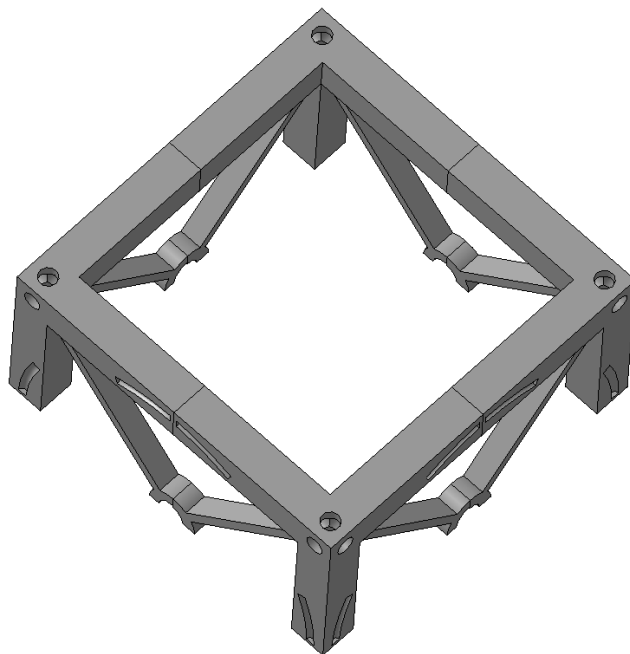


Рисунок 40 –Сборка верхней части рамы спутника

После под сборки верхней части спутника следует ее установка. После затяжки всех винтов упорно радиальные подшипники принимают свое штатное положение, так же до запрессовываются вся плиты и затягиваются гайками (Рис.41).

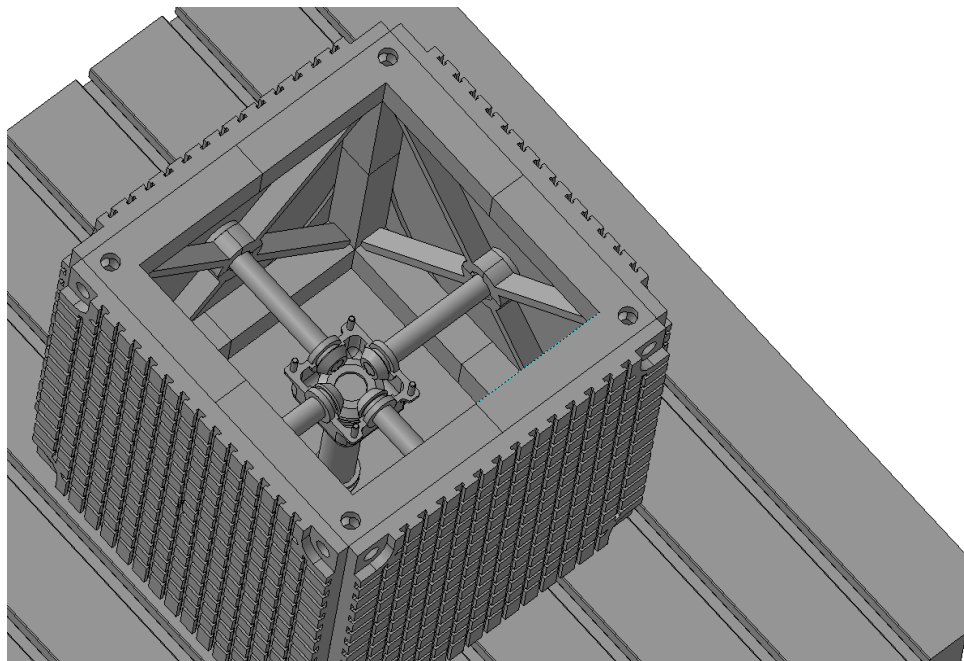


Рисунок 41 –Сборка с верхней частью рамы спутника

Следующим шагом в сборке спутника идет установка верхней части корпуса. После его установки нижняя и верхняя части корпуса стягиваются гайками М8 (Рис. 42).

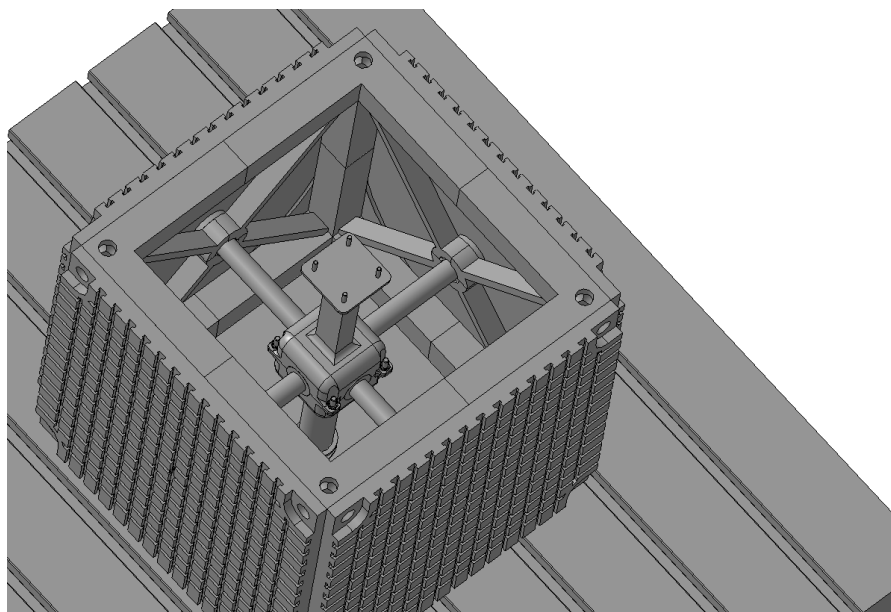


Рисунок 42 –Сборка с верхней частью корпуса узла

Осталось установить верхнюю плиту спутника на место и закрепить кронштейн верхней части корпуса к плите гайками М6, а саму плиту к раме спутника по средством втулок (Рис. 43).

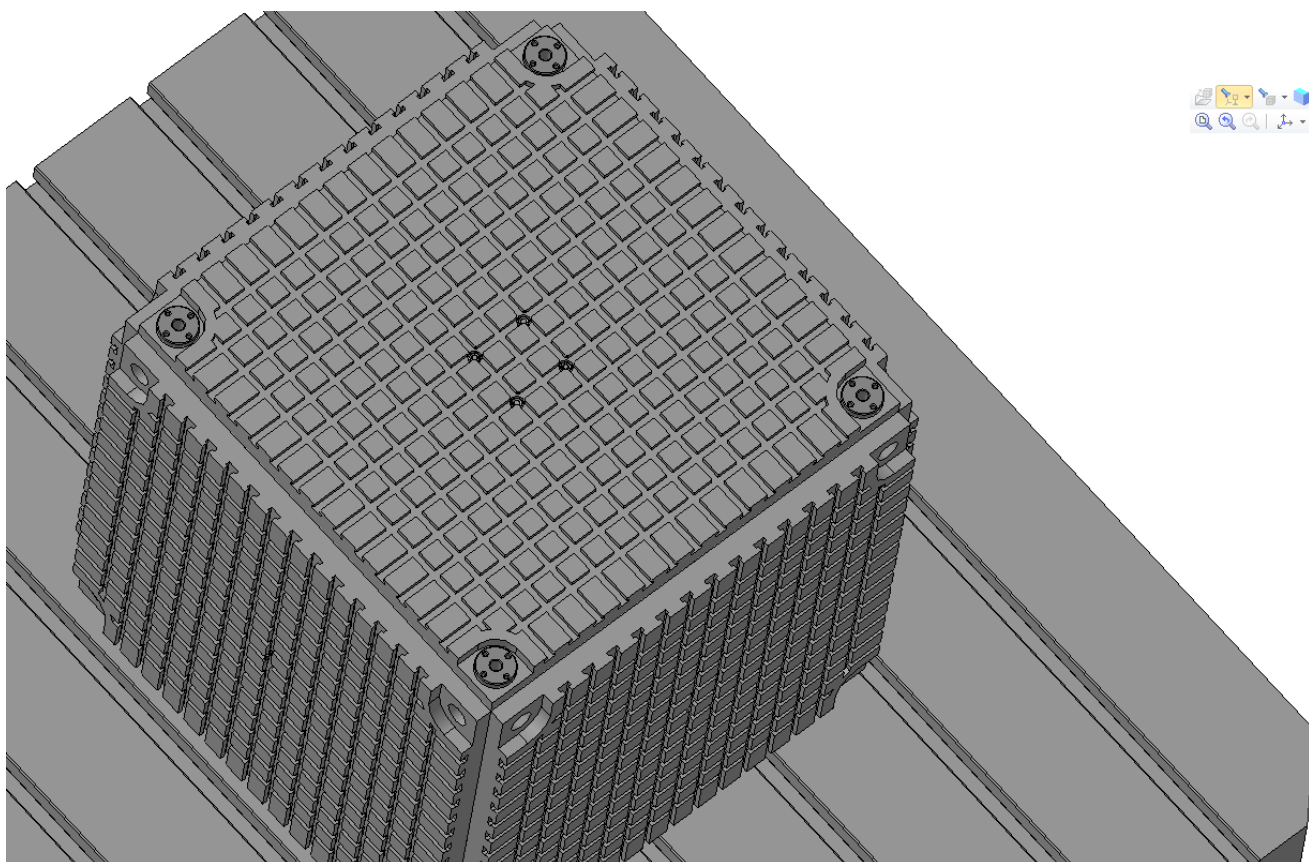


Рисунок 43 –Спутник призматической формы в сборе

Проведя анализ сборки спутника, можно сделать вывод что предложенная конструкция спутника собираема. Возможно, собрать спутник с механизмом вращения одним сборщиком УСП. Максимальный вес под сборки не превышает 30 кг поэтому обязательно при сборке спутника использовать кран-балку аттестованную имеющую соответствующий сертификат.

3 Определение влияния изменения конструкции спутника на технологическую точность

3.1 Расчет ANSYS

Неотъемлемой частью RMS является многономенклатурная обработка, с гибким маршрутом, так, к примеру носитель призматической формы является центром наладки, данной системы, он позволяет реализовать многономенклатурную многостороннюю обработку, т.е. процесс, когда на каждой из пяти граней спутника обрабатываются закреплённые на них различные заготовки.

Кантование носителя – это один из не маловажных вопросов который требует решения. По той причине, что сам носитель возможно применять уже сейчас по средством внедрения на автоматические линии, где автоматическое кантование позволяет с экономить, к примеру, не только количество полет, но и увеличить производительность оборудования на операции, а соответственно минимизировать затраты на производство.

Конструкция узла вращения граней спутника состоит из двух конических передач одна коническая передача позволяет передавать вращение с ведущей шестерни установленной на приводном вале на две ведомые шестерни, которые позволяют вращать одну пару противоположащих плит спутника, а также имеет вторую ведущую шестерню с иным передаточным отношением которая в свою очередь передает вращение на две другие ведомые шестерни, которые так же вращают две другие противоположащие плиты спутника. Для осуществления поочерёдного парного вращения плит спутника ведущие шестерни устанавливаются на обгонные муфты, которые позволяют осуществлять вращение шестерни только в одном направлении. Что бы реализовать возможность поочередного вращения шестерен достаточно установить обгонные муфты зеркально таким образом при смене направления вращения гидромотора будет вращаться лишь одна из ведущих шестерен.

Весь механизм установлен в корпус, который в свою очередь закреплен к пятой фиксированной плите.

Необходимо определить деформацию плиты, к которой закреплен корпус механизма с целью определения на сколько снизиться технологическая точность системы при использовании данного механизма, а также в случае необходимости, изменить конструкцию, с целью повышения технологической точности до приемлемых показателей.

Исходные данные расчет деформации будет производится в среде ANSYS, но перед тем, как производить столь сложный расчет с большим количество деталей произведем упрощение модели с целью снижения сложности расчетов.

3.1.1 Расчет распределения сил на вал ведомый узла

Вал ведомый был спроектирован таким образом чтобы иметь возможность выдерживать нагрузки в условиях использования близким к критическим. Самым нагруженным местом вала является сторона, на которой установлена обгонная муфта и плита. Таким образом на шейку с запрессованной обгонной муфтой приходит наибольшая нагрузка равная в 700 Н – вес плиты с максимально возможной по весу наладкой. Таким образом необходимо определить на сколько будет деформироваться вал на данном участке в процессе кантования плиты спутника (Рис. 44).

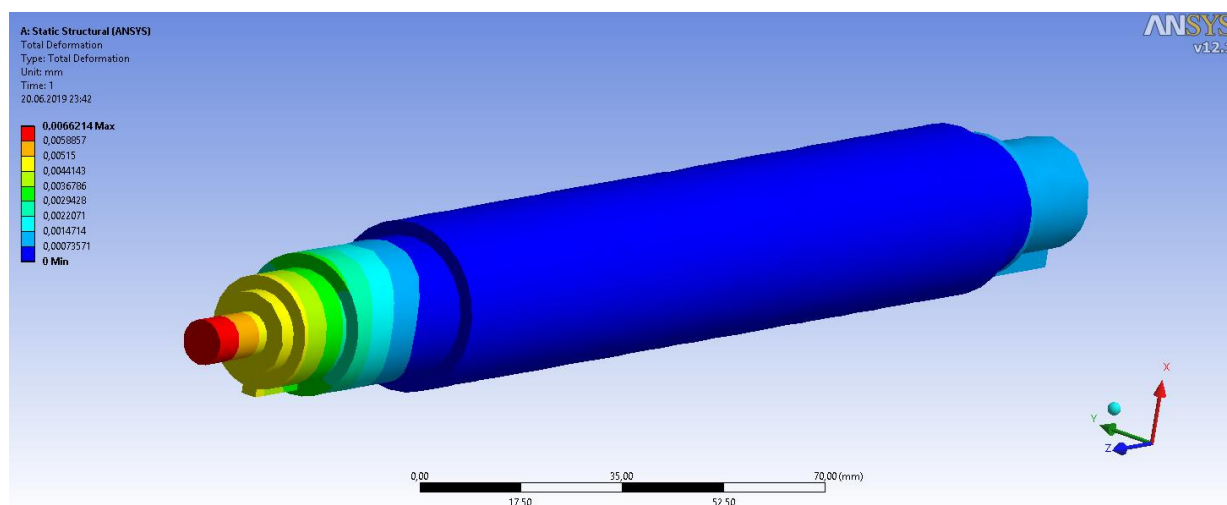


Рисунок 44 – Расчет деформации вала ведомого

Согласно приведенным расчетам, выше можно сделать вывод что при нагрузке шейки вала ведомого с силой в 700 Н происходит ее деформация на 0,0066 мм в районе болта крепления плиты спутника к валу. Данная величина не является критической, а значит предложенная конструкция ведомого вала рациональна.

3.1.2 Расчет распределения сил на корпус узла

На корпус узла приходится нагрузка, передаваемая с плит через ведомые валы и по предварительным расчетам, составляет около 150 Н таким образом нагрузив корпус с данной силой получим его деформацию (Рис. 44).

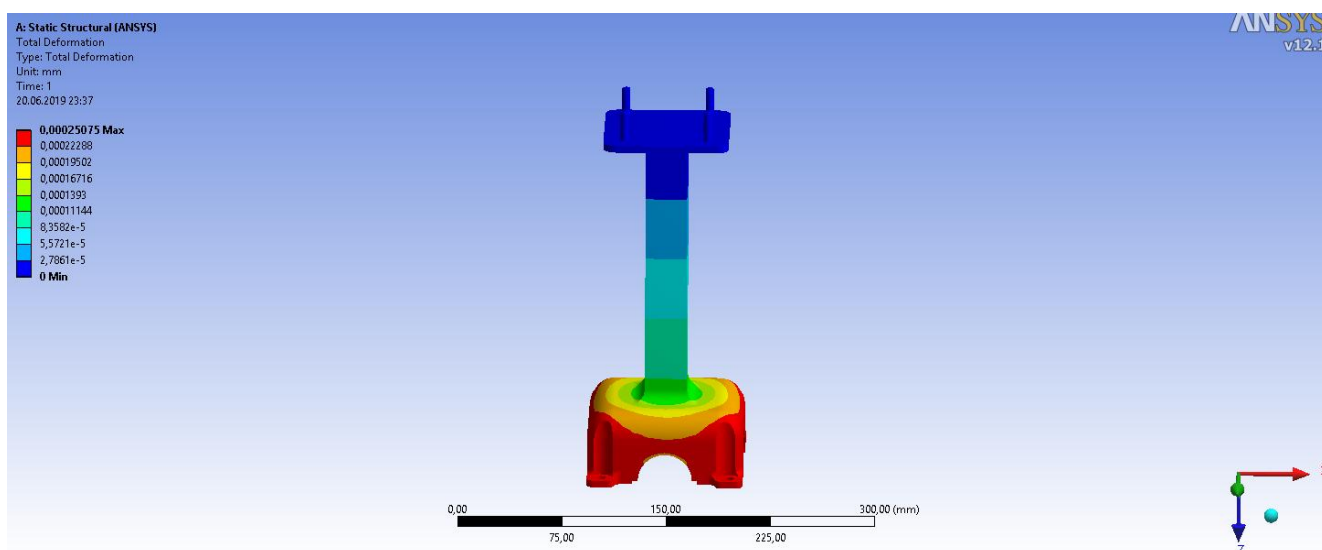


Рисунок 44 – Расчет деформации корпуса узла

Из расчетов выше можно сделать вывод что при нагрузке корпуса в 170 Н деформация составляет около 0,00025 мм что полностью удовлетворяет требованиям, предъявляемым к данному элементу конструкции узла.

3.1.3 Расчет распределения сил на рамные опоры ведомого вала

Исходя из внесенных изменений в конструкцию рамы спутника при кантовании его граней основной вес приходится как на ведомый вал, так и на рамные опоры под ведомый вал. Необходимо проверить рамные опоры на то, как они переносят данные нагрузки и является ли их конструкции оптимальной и достаточной.

На опору действует та же сила что и на ведомый вал в 700 Н нагружая рамные опоры определим степень их деформации (Рис. 45).

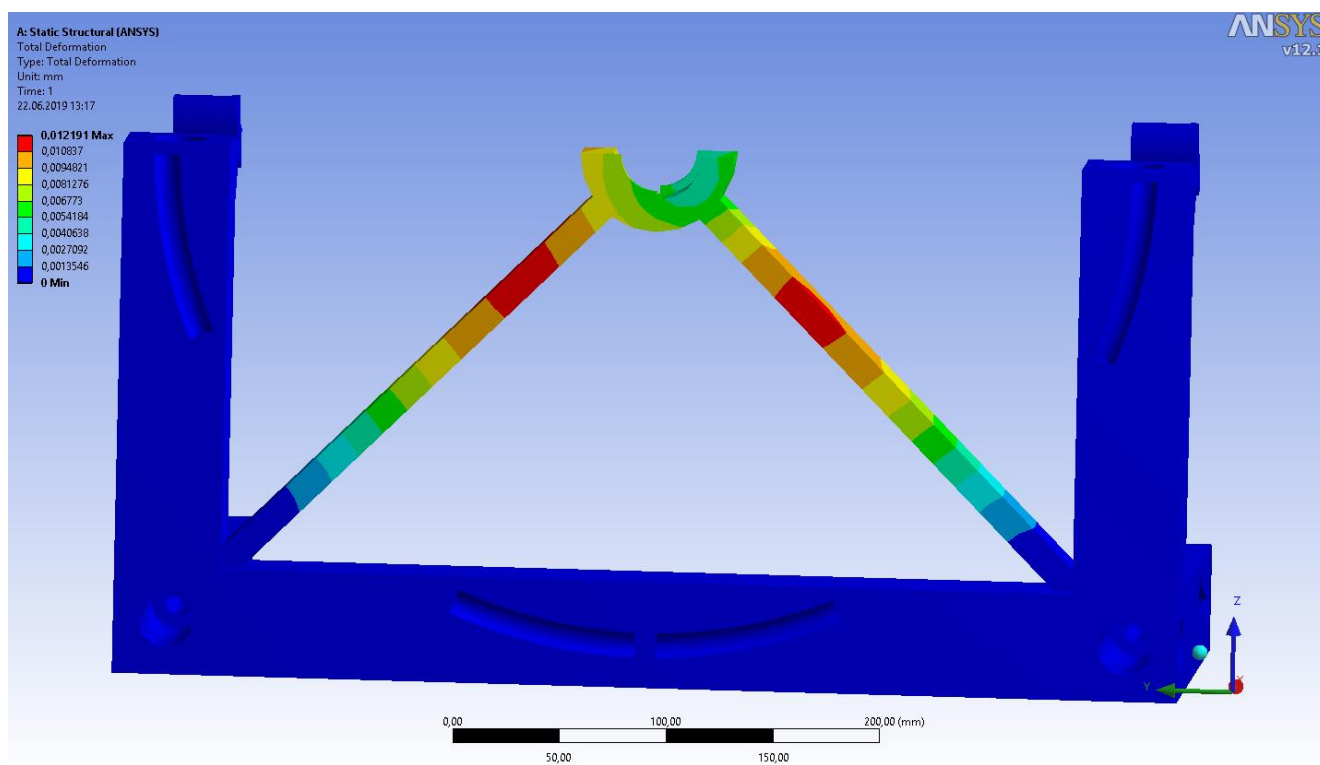


Рисунок 45 – Расчет деформации рамные опоры вала ведомого

Исходя из расчетов и визуального представления деформация опор происходит максимум на 0,01 мм что допустимо в нашем случае, так же стоит отметить, что деформация не затрагивает непосредственно саму раму этот факт дает нам возможность утверждать, что рама осталась абсолютно жесткой.

3.1.4 Расчет распределения сил на опору спутника

Модернизировав спутник и внедрив в него узел для автоматического кантования граней было принято решение о пересмотре кантования самого спутника. Данную функцию возложили не посредственно на сам поворотный стол станка тем самым упростив конструкцию и уйдя от основной проблемы – это правило постоянства баз. Применив специально спроектированные опоры для спутника, мы убрали из рабочих зон захваты, прижимы, которые в некотором роде ограничивали рабочую зону на гранях спутника. Из-за возможности осуществления вращения спутника за счет вращения поворотного стола, а не его

собственного сохраняется постоянство баз, а значит и производить замеры спутника после каждого поворота не необходимости потому как он оставался неподвижен относительно рабочего стола.

Предложенная конструкция опор необходимо проверить на диффамацию с целью определения соответствует ли их форма и размер требуемым нагрузкам. Нагрузка была выбрана в 5000 Н что соответствует максимальному весу спутника в сборе с наладкой из максимально допустимых по весу деталей на каждой грани, а также максимально возможная сила резания, которая может возникнуть в процессе обработке (Рис. 46).

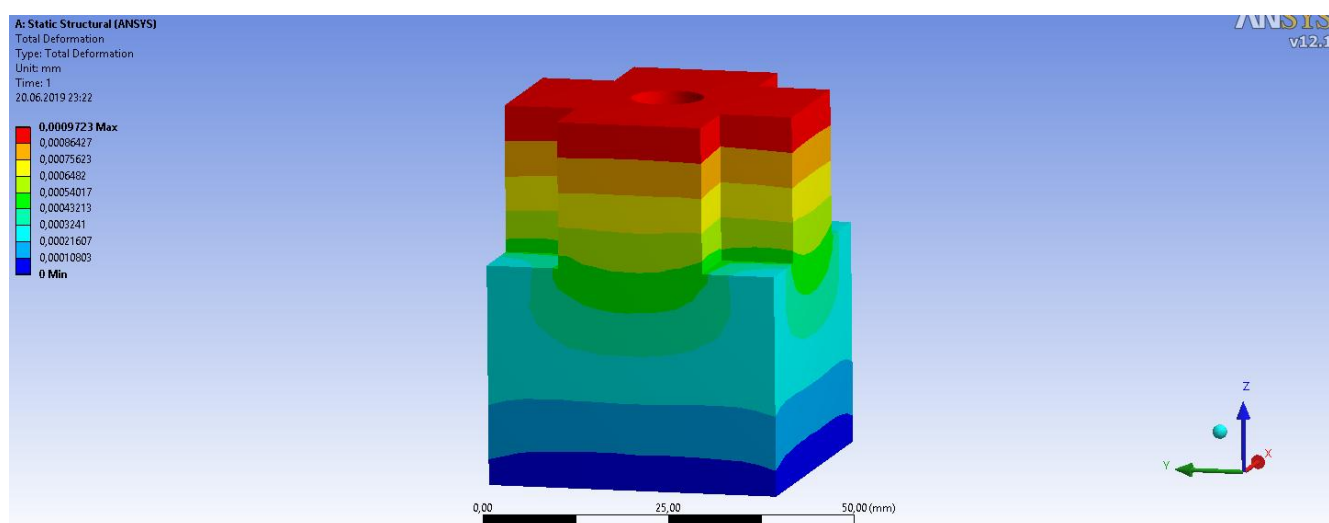


Рисунок 46 – Расчет деформации опоры спутника

Согласно расчету, приведенному выше при нагрузке в 5000 Н, деформация опоры происходит на 0,00009 мм что ничтожно мало и говорит о том, что предложенная конструкция является рациональной и подходит под данные нужды.

3.1.5 Расчет распределения сил на базовую плиту спутника.

Базовая плита спутника является так же новым элементом конструкции спутника, по которому происходит базирование рамы спутника, а соответственно и всей наладки в целом. Данный элемент является так же несущим, как и опоры поэтому расчет деформации данного элемента необходимо вести совместно с опорами, но по упрощённой схеме. Нагрузка на плиту будет схожей с той которой

была нагружена опора это 5000 Н. Принимая во внимание что рама спутника является абсолютно жестким элементом, и нагрузка на нее в 5000 Н не приводит к каким-либо деформациям. Так как плита жестко закреплена на раме спутника дает нам право сделать вывод что ее деформация по периметру не является критическим показателем в виду того, что рама будет пытаться выпрямить ее. Наиболее важной зоной для анализа является ее центр. Потому как опоры на котором базируется данный элемент находятся ближе к ее центру, и любая деформация центральной зоны базовой плиты является критичным потому как приведет в свою очередь к потере точности в обработке (Рис. 47).

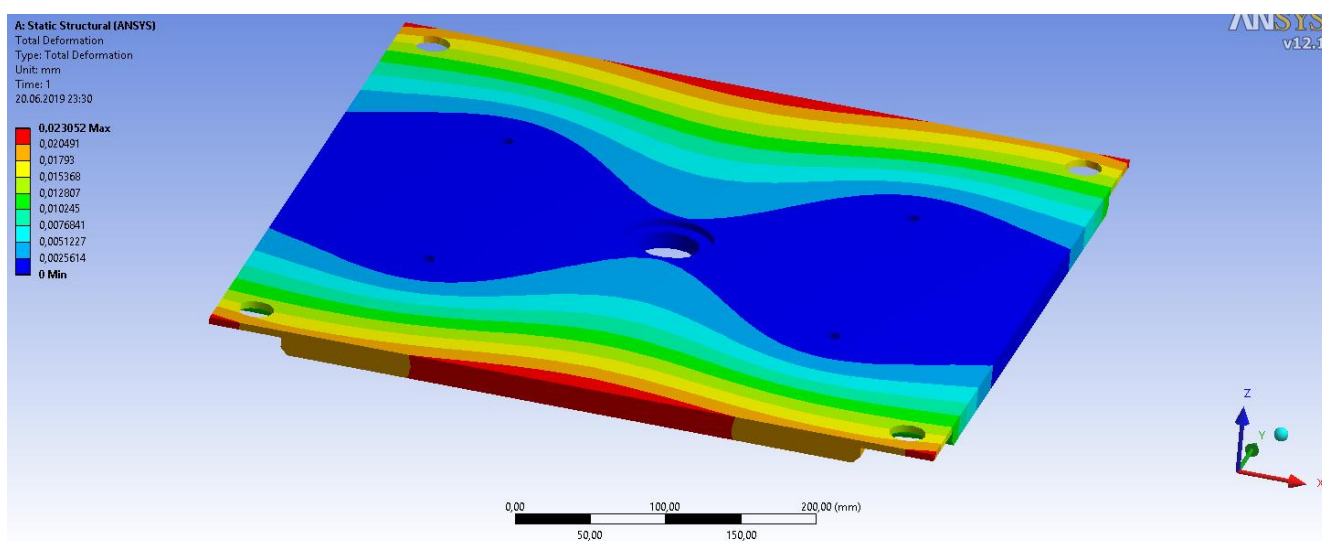


Рисунок 47 – Расчет деформации базовой плиты

Согласно расчету, приведенному выше при нагрузке в 5000 Н, деформация опоры происходит на 0,02 мм ближе к краям плиты и отсутствует в центре, а в частности, в местах, где установлены опоры что говорит о том, что предложенная конструкция является рациональной и подходит под данные нужды.

3.1.6 Расчет распределения сил на верхнюю плиту

Так как весь корпус механизма крепиться к плите, по средством болтового соединения плиты и контактной пластины кронштейна корпуса определенной формы, то соответственно всю нагрузку на плиту будет передавать пластина данного кронштейна, а соответственно для расчетов нам понадобится лишь плита и сама пластина на которую будет действовать расчетная сила.

Для расчета силы будем использовать данные для самого критического случая, когда все характеристики имеют максимальные критические показатели. У нас есть следующие данные:

Масса плиты: ~30 кг;

Масса наладки максимально допустимая для установки на одну плиту с пазами для оснастки УСП-8 – 40 кг;

Габариты плиты 500x500 мм;

Длина ведомого вала 200 мм.

Рассматриваемая ситуация:

Плиты закреплены к ведомым валам по центру оси вращения в состоянии покоя. В данном случае на них действует только одна сила их вес равный силе тяжести (Рис.48).

$$F = m \cdot g \approx 40 + 30 \cdot 10 \approx 700 \text{ Н} \quad (1)$$

Таким образом вес каждой плиты равен 700 Н.

Далее рассмотрим схему действия силы:

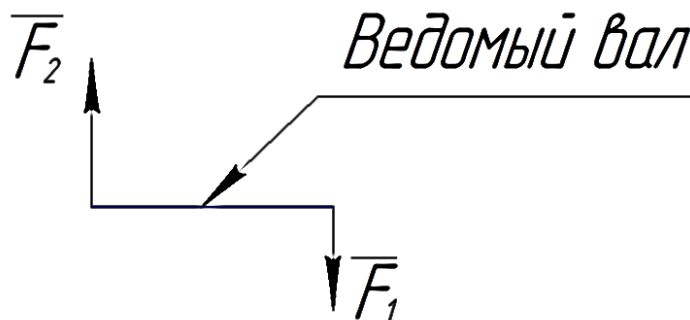


Рисунок 48 – Схема действия сил

F_1 вес плиты;

F_2 сила, давящая на пластину кронштейна.

Сила $F_1 = F_2 = 700 \text{ Н}$

Тем самым каждая из 4 плит давит на пластину кронштейна с силой в 700Н.

Сложив силы 4 плит, получим результирующую силу в 2800 Н.

Проведя расчет в ANSYS с данными показателями, получим деформацию плиты равной 0,3 мм (Рис. 49), что дает нам право говорить о том, что данный

механизм снижает технологическую точность до неприемлемых показателей. Необходимо усовершенствовать конструкцию механизма для достижения приемлемых показателей.

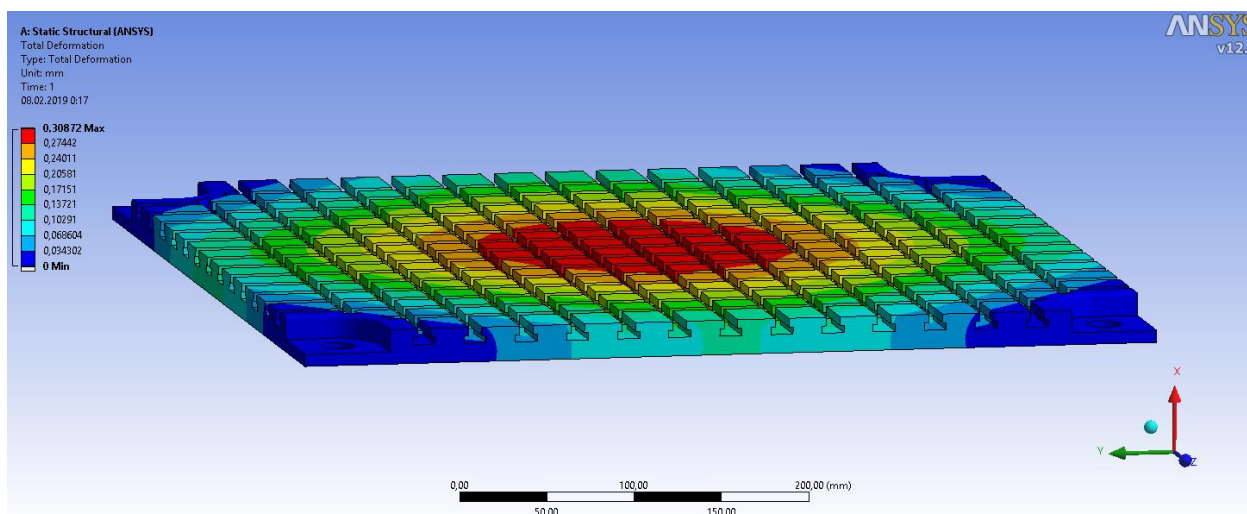


Рисунок 49 – Расчет деформации плиты

Было принято решение об установке внутри каркаса спутника дополнительных опор для ведомого вала. Такой подход теоретически позволит снизить результирующую силу, действующую как на пластину кронштейна, так и на весь узел внутри корпуса в целом.

На схеме ниже приведена модификация (Рис. 50).

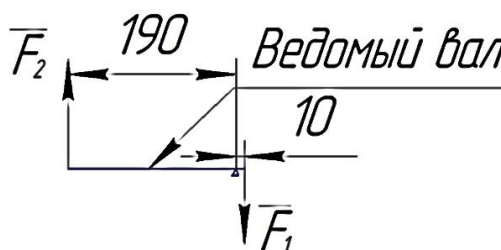


Рисунок 50 – Схема действия сил с упором

Как видно из схемы у нас получается рычажная система с плечами 190 мм со стороны механизма и 10 мм со стороны плиты соответственно.

Согласно формуле

$$F_1 \cdot l_1 = F_2 \cdot l_2 \quad (2)$$

мы можем получить F_2 путем выражения:

$$F_2 = \frac{F_1 \cdot l_1}{l_2} = \frac{700 \cdot 0.01}{0.19} = 36.8 \text{ Н} \quad (3)$$

Отсюда результирующая сила всех 4 плит будет 147.4Н.

Расчет в ANSYS показал (Рис.50) что таким образом технологическая точность снизиться всего лишь на 3 мкм, что полностью нас устраивает. И данное усовершенствование конструкции является эффективным.

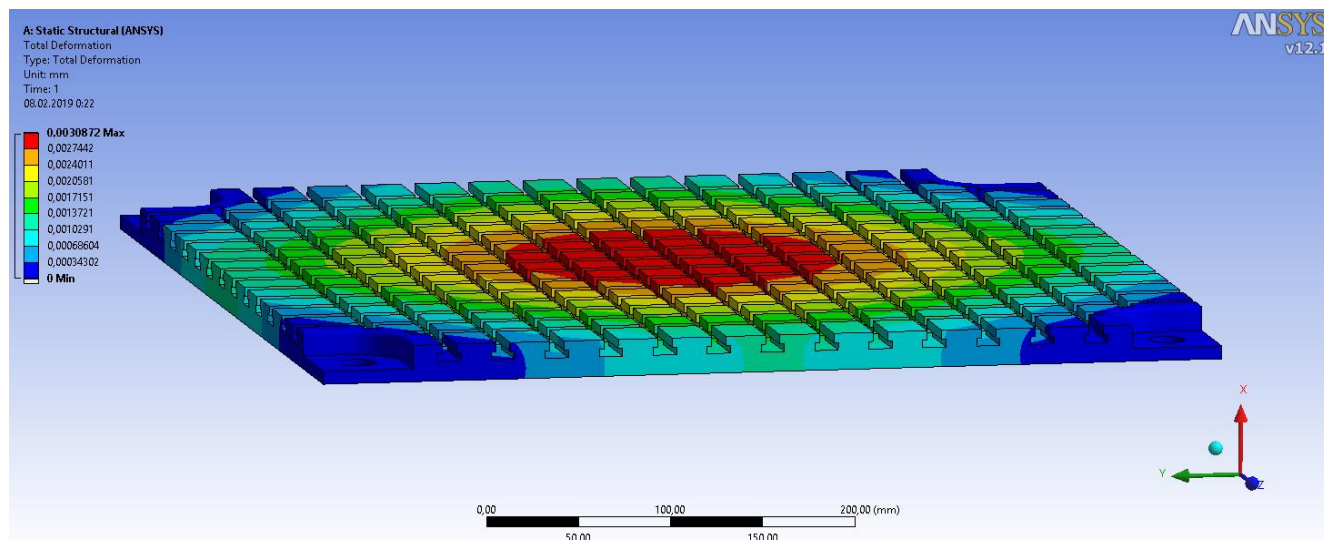


Рисунок 51 – Расчет деформации плиты после оптимизации конструкции

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для решения поставленных задач в магистерской диссертации представлено техническое решение конструкции механизма кантования спутника призматической формы. Принцип работы механизма кантования призматических приспособлений-спутников для выполнения различных операций механической обработки не является новой – известны конструктивные решения позволяющих вести поочередное вращений противоположащих плоскостей вокруг перпендикулярно лежащих в одной плоскости осей.

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

Предложена конструкция узла для вращения плит призматического носителя. При этом конструктивно спутник остался технологичен и внешне не получил существенных изменений, которые могли бы снизить показатели технологичности либо наложить какие-либо ограничения на использование спутника призматической формы.

Применение механизма позволяет производить механическую обработку на более простом и дешёвом оборудовании нежели применение спутника призматической формы без механизма кантования, который подразумевает увеличение количества переходов либо использование специального инструмента, либо использование станка с ЧПУ с 4 осевой и более обработкой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каталог INA [Электронный ресурс]. <https://technobearing.ru/d/877366/d/ina.pdf> (дата обращения 20.06.2019).
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 переконпонования рабочей позиции автоматической линии и переконпонованная 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. Многместное 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. Кузнецов В. С. Универсально-сборные приспособления. Альбом чертежей. /В. С. Кузнецов, В. А. Пономарев. – Москва: Машиностроение, 1971. -167 с.
14. Reconfigurable Manufacturing Systems: Key to World-Class Manufacturer Status for Indian Organisations, An overview, 2009, S.Mudassar.
15. Impact of Reconfiguration Effort on Reconfigurable Manufacturing System, 2014, K.K. Mittal, P. K. Jain.
16. Formal Development of Reconfigurable Manufacturing Systems, 2013, L. Kahloul, A. Chaoui, K. Djouani.
17. A Petri Net-based Approach to Reconfigurable Manufacturing Systems Modeling, 2009, L. Zhang, B, Rodrigues.
18. DESIGN OF RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEM, 2011, R.KANTA.

19. Reconfigurable Manufacturing System Design and Implementation – An Industrial Application at a Manufacturer of Consumer Goods, 2014, R. Hadar, A. Bilberg.
20. Formal Study of Reconfigurable Manufacturing Systems: A High Level Petri Nets Based Approach, 2013.
21. RECONFIGURABLE STRATEGIES FOR MANUFACTURING SETUPS TO CONFRONT MASS CUSTOMIZATION CHALLENGES, 2015, S.H. Minhans, C. Lehmann, J.P.Stader, U. Berger.
22. Sung-Yong, S., Tava, L. O., Derek, Y-H. An approach to scalability and line balancing for reconfigurable manufacturing systems: Integrated manufacturing systems, 2001, vol. 12, no. 7, pp.500-511.
23. Online Reconfigurable Machines, 2013, S.Crawford, Minch Binch Do.
24. STRUCTURE OF RECONFIGURABLE MANUFACTURING SYSTEMS, 2015, T. Mulc, T. Udiljac, D. Ciglar.
25. Patil, S. Van J., Vyatkin V., Pang C., Patil S. On composition of mechatronic components enabled by interoperability and portability provisions of IEC 61499: A case study. 2013 IEEE 18TH International conference on emerging technologies and factory automation, ETFA 2013. IEEE Industrial Electronics Society, University of Cagliari, 2013.
26. Abrishambaf R. Hashemipour M., Bal M. Structural modeling of industrial wireless sensor and actuator networks for reconfigurable mechatronic systems. The international journal of advanced manufacturing technology. SpringerVerlag London Ltd, 2013, vol.64, no. 5-8, pp.793–811.
27. Plitea, N. Lese, D., Pisla, D., Vaida, C. Structural design and kinematics of a new parallel reconfigurable robot. Robotics and computer-integrated manufacturing. Elsevier Science Publishing Company, Inc., 2013, vol.29, no. 1, pp. 219–235.
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.
31. Каталог NBS [Электронный ресурс]. <https://technobearing.ru/catalog-nbs> (дата обращения 20.06.2019).
32. Каталог шестерен [Электронный ресурс]. <https://www.stserv.ru/images/АТЕК/pdf/shesterni-i-cher-v-pari-atek-rus.pdf> (дата обращения 20.06.2019).