

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки – 54.03.01 Дизайн  
 Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

**БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА**

Тема работы
<b>Корпус стенда вибрационного контроля подшипников СВК-А</b>

УДК 62-213:621.822.6-868

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Д81	Каравская Екатерина Владимировна		08.06.2022

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Кухта Мария Сергеевна	д.ф.н., профессор		08.06.2022

**КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		08.06.2022

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева И.Л.			08.06.2022

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Вехтер Е.В.	к.п.н.		08.06.2022

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОСВОЕНИЯ ООП ПО НАПРАВЛЕНИЮ 54.03.01  
ДИЗАЙН**

<b>Код компетенции</b>	<b>Наименование компетенции</b>
<b>Универсальные компетенции</b>	
<b>УК(У)-1</b>	Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач
<b>УК(У)-2</b>	Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений
<b>УК(У)-3</b>	Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде
<b>УК(У)-4</b>	Способен осуществлять деловую коммуникацию в устной и письменной формах на государственном языке Российской Федерации и иностранном(-ых) языке(-ах)
<b>УК(У)-5</b>	Способен воспринимать межкультурное разнообразие общества в социально-историческом, этическом и философском контекстах
<b>УК(У)-6</b>	Способен управлять своим временем, выстраивать и реализовывать траекторию саморазвития на основе принципов образования в течение всей жизни
<b>УК(У)-7</b>	Способен поддерживать должный уровень физической подготовленности для обеспечения полноценной социальной и профессиональной деятельности
<b>УК(У)-8</b>	Способен создавать и поддерживать безопасные условия жизнедеятельности, в том числе при возникновении чрезвычайных ситуаций
<b>УК(У)-9</b>	Способен проявлять предприимчивость в практической деятельности, в т.ч. в рамках разработки коммерчески перспективного продукта на основе научно-технической идеи
<b>Общепрофессиональные компетенции</b>	
<b>ОПК(У)-1</b>	Способен владеть рисунком, умением использовать рисунки в практике составления композиции и переработкой их в направлении проектирования любого объекта, иметь навыки линейно-конструктивного построения и понимать принципы выбора техники исполнения конкретного рисунка
<b>ОПК(У)-2</b>	Владеть основами академической живописи, приемами работы с цветом и цветовыми композициями
<b>ОПК(У)-3</b>	Способен обладать начальными профессиональными навыками скульптора, приемами работы в макетировании и моделировании
<b>ОПК(У)-4</b>	Способен применять современную шрифтовую культуру и компьютерные технологии, применяемыми в дизайн-проектировании
<b>ОПК(У)-5</b>	Способен реализовывать педагогические навыки при преподавании художественных и проектных дисциплин
<b>ОПК(У)-6</b>	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности
<b>ОПК(У)-7</b>	Способен осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ

	информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий
<b>Профессиональные компетенции</b>	
<b>ПК(У)-1</b>	Способен владеть рисунком и приемами работы в макетировании и моделировании, с цветом и цветовыми композициями
<b>ПК(У)-2</b>	Способен обосновать свои предложения при разработке проектной идеи, основанной на концептуальном, творческом подходе к решению дизайнерской задачи
<b>ПК(У)-3</b>	Способен учитывать при разработке художественного замысла особенности материала с учетом формообразующих свойств
<b>ПК(У)-4</b>	Способен анализировать и определять требования к дизайн-проекту и синтезировать набор возможных решений задачи или подходов к выполнению дизайн-проекта
<b>ПК(У)-5</b>	Способен конструировать предметы, товары, промышленные образцы, коллекции, комплексы, сооружения, объекты, в том числе для создания доступной среды
<b>ПК(У)-6</b>	Способен применять современные технологии, требуемые при реализации дизайн-проекта на практике
<b>ПК(У)-7</b>	Способен выполнять эталонные образцы объекта дизайна или его отдельные элементы в макете, материале
<b>ПК(У)-8</b>	Способен разрабатывать конструкцию изделия с учетом технологий изготовления: выполнять технические чертежи, разрабатывать технологическую карту исполнения дизайн-проекта
<b>ДПК(У)-1</b>	Способен применять современные информационные технологии и графические редакторы, методы научных исследований при создании дизайн-проектов и обосновывать новизну собственных проектных решений

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки – 54.03.01 Дизайн

Уровень образования – Бакалавриат

Отделение школы (НОЦ) – Отделение автоматизации и робототехники

Период выполнения: осенний/весенний семестр 2021/2022 учебного года

Форма представления работы:

Бакалаврская работа
---------------------

### КАЛЕНДАРНЫЙ РЕЙТИНГ-ПЛАН выполнения выпускной квалификационной работы

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

Дата контроля	Название раздела (модуля) / вид работы (исследования)	Максимальный балл раздела (модуля)
Октябрь	Утверждение плана-графика, формулировка и уточнение темы. Работа над ВКР – анализ аналогов	10
Ноябрь	Работа над ВКР – Формулировка проблемы в выбранной сфере дизайна. На основе выбранного материала – статья	10
Декабрь	Работа над ВКР – сдача первого раздела ВКР, эскизы	20
Февраль	Работа над ВКР – Формообразование (объект), 2 часть	20
Март	Работа над ВКР – 3D-модель, 3 часть, презентационная часть	10
Апрель	Работа над ВКР – Макетирование	10
Май	Работа над ВКР – Итоговая работа по текстовому материалу, чертежи, БЖД, экономика	10
Июнь	Сдача готовой текстовой и графической части ВКР	100

**СОСТАВИЛ:**

**Руководитель ВКР**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Кухта Мария Сергеевна	д.ф.н., профессор		16.02.2022

**СОГЛАСОВАНО:**

**Руководитель ООП**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Вехтер Е.В.	к.п.н.		16.02.2022

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа Инженерная школа информационных технологий и робототехники  
 Направление подготовки (специальность) 54.03.01 «Дизайн»  
 Отделение школы (НОЦ) ОАР (Отделение автоматизации и робототехники)

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
 (Подпись)    (Дата)    (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8Д81	Каравская Екатерина Владимировна

Тема работы:

Корпус стенда вибрационного контроля подшипников качения	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	

Срок сдачи студентом выполненной работы:	
--	--

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<p><b>Исходные данные к работе</b></p> <p><i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i></p>	<p><b>Объект исследования:</b> промышленный дизайн испытательного оборудования машиностроительной отрасли.</p> <p><b>Предмет исследования:</b> промышленный дизайн корпуса стенда вибрационного контроля подшипников качения.</p>
---	---

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<p><b>Аналитический сбор по литературным источникам:</b> обзор и сравнительный анализ аналогов стенов вибрационного контроля подшипников качения.</p> <p><b>Основная задача проектирования:</b> разработка промышленного дизайна корпуса стенов вибрационного контроля подшипников качения.</p> <p>Содержание процедуры проектирования: обзор и сравнительный анализ стенов вибрационного контроля; эскизирование; эргономический анализ; проработка 3D-визуализации; подготовка конструкторской документации.</p> <p><b>Результат выполненной работы:</b> концепция промышленного дизайна корпуса стенов.</p>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<p>Эскизные решения, чертежи деталей, сборочных единиц, спецификации, сборочные чертежи, два планшета формата А0, проморолик, видеопрезентация.</p>

<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
<p><b>Раздел</b></p>	<p><b>Консультант</b></p>
<p>Дизайн-разработка объекта проектирования</p>	<p>Кухта М.С., профессор ОАР ИШИТР</p>
<p>Финансовый менеджмент</p>	<p>Былкова Т.В. доцент ОСГН ШБИП</p>
<p>Социальная ответственность</p>	<p>Мезенцева И.Л., старший преподаватель ООД ШБИП</p>

<p><b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b></p>	
--	--

**Задание выдал руководитель:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор ОАР ИШИТР	Кухта М.С.	д.ф.н.		04.04.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Д81	Каравская Екатерина Владимировна		04.04.2022

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

<b>Группа</b>		<b>ФИО</b>	
8Д81		Каравской Екатерине Владимировне	
<b>Школа</b>	<b>Инженерная школа информационных технологий и робототехники</b>	<b>Отделение (НОЦ)</b>	<b>ОАР (Отделение автоматизации и робототехники)</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	54.03.01 «Дизайн»

Тема ВКР:

Корпус стенда вибрационного контроля подшипников качения	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
<p><b>Введение</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика) и области его применения.</li> <li>– Описание рабочей зоны (рабочего места) при разработке проектного решения/при эксплуатации</li> </ul>	<p><b>Объект исследования:</b> корпус стенда вибрационного контроля подшипников качения</p> <p><b>Область применения:</b> промышленные предприятия – потребители подшипниковой продукции</p> <p><b>Рабочая зона:</b> производственное помещение</p> <p><b>Размеры помещения:</b> 10x10 м</p> <p><b>Количество и наименование оборудования рабочей зоны:</b> стенд вибрационного контроля подшипников качения</p> <p><b>Рабочие процессы, связанные с объектом исследования, осуществляющиеся в рабочей зоне:</b> диагностика подшипников качения при помощи стенда вибрационного контроля</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
<p><b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	<p>ГОСТ 12.4.011-89 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Средства защиты работающих. Общие требования и классификация</p> <p>ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования</p> <p>ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя</p> <p>ГОСТ 12.2.032-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя</p>
<p><b>2. Производственная безопасность при эксплуатации:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>– Анализ выявленных вредных и опасных производственных факторов</li> </ul>	<p><b>Опасные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;</li> <li>2. Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования;</li> <li>3. Чрезмерно высокая или низкая температура материальных объектов;</li> <li>4. Вредные химические свойства используемых веществ.</li> </ol> <p><b>Вредные факторы:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Зрительное напряжение;</li> <li>2. Нервно-психические перегрузки, монотонность трудового процесса;</li> <li>3. Отклонение показателей микроклимата;</li> </ol>

	<p>4. Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума;</p> <p>5. Недостаток необходимого искусственного освещения.</p> <p><b>Требуемые средства коллективной и индивидуальной защиты от выявленных факторов:</b> защитные конструкции (кожухи, крышки, дверцы, щитки и т.д.); материалы и конструкции, препятствующие распространению шума; средства индивидуальной защиты (беруши, перчатки и т.д.); соблюдение техники безопасности; регулярные перерывы в работе.</p>
<b>3. Экологическая безопасность при эксплуатации</b>	<p><b>Воздействие на селитебную зону:</b> заражение территории (земли, воздуха) при утечке смазочных масел или возгорании</p> <p><b>Воздействие на литосферу, гидросферу:</b> попадание смазочных масел в землю и грунтовые воды при неправильной утилизации</p> <p><b>Воздействие на атмосферу:</b> попадание паров смазочных масел в воздух при испарении и образование токсичных соединений</p>
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях при эксплуатации</b>	<p><b>Возможные ЧС:</b> пожар, землетрясение, обрушение здания</p> <p><b>Наиболее типичная ЧС:</b> пожар</p>
<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель ООД ШБИП	Мезенцева Ирина Леонидовна			04.04.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Д81	Каравская Екатерина Владимировна		04.04.2022

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА  
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И  
РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>
8Д81	Каравская Екатерина Владимировна

<b>Школа</b>	<b>ИШИТР</b>	<b>Отделение школы (НОЦ)</b>	<b>Отделение автоматизации и робототехники</b>
<b>Уровень образования</b>	Бакалавриат	<b>Направление/специальность</b>	54.03.01 Дизайн

**Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:**

1. <i>Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих</i>	Стоимость материальных ресурсов определялась по средней стоимости по г. Томску; оклады в соответствии с окладами сотрудников НИ ТПУ
2. <i>Нормы и нормативы расходования ресурсов</i>	30 % премии, 20 % надбавки, 13% районный коэффициент
3. <i>Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования</i>	30% отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

**Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:**

1. <i>Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения</i>	Анализ конкурентных технических решений. Оценки перспективности проекта методом SWOT-анализа
2. <i>Планирование и формирование бюджета научных исследований</i>	Формирование плана и графика разработки: • определение структуры работ; • определение трудоемкости работ; • разработка графика Гранта. Формирование бюджета затрат на исследование: • материальные затраты; • заработная плата; • отчисления во внебюджетные фонды
3. <i>Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования</i>	Определение ресурсной эффективности

**Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):**

1. *Оценочная карта для сравнения разрабатываемого решения с конкурентными разработками*
2. *Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок по методу QuаD*
3. *Матрица SWOT*
4. *Перечень этапов, работ и распределение исполнителей*
5. *График проведения и бюджет НИ*
6. *Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ*

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал консультант:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент ОСГН ШБИП	Былкова Татьяна Васильевна	канд.экон.наук		04.04.2022

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8Д81	Каравская Екатерина Владимировна		04.04.2022

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 153 страницы, 63 рисунка, 37 таблиц, 50 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: промышленный дизайн, разработка, эргономика, безопасность, эскизирование, комбинаторика, моделирование, визуализация.

Работа посвящена изучению темы испытательного оборудования машиностроительной отрасли, где разрабатывался дизайн корпуса стенда вибрационного контроля подшипников качения для организации ООО «ТриБоСС». Актуальность данной темы состоит в том, что данное испытательное оборудование востребовано для организаций, участвующих в оптовых закупках деталей узлов вращения.

В процессе работы было проведено теоретическое исследование. Также, были сформированы критерии к проектированию. Предложены варианты эскизов, где были определены функциональные аспекты проектирования, продуманы все детали, относящиеся к объекту. Проведен эргономический анализ объекта. Проанализированы и выбраны материалы, компоненты, подобраны технологии изготовления. Выполнены черновая и чистовая визуализации. Создан макет. Разработан презентационный материал. В рамках работы сформулирована концепция себестоимости установки устройства стенда. Изучены вопросы социальной ответственности, определяющие возможные производственные риски и мероприятия по предотвращению возникновения ЧС и опасных производственных факторов.

В рамках ВКР разработан дизайн корпуса стенда вибрационного контроля подшипников качения. Практическая значимость спроектированного испытательного оборудования стенда СВК-А обусловлена проблемой удобства и безопасности использования, включая непосредственно и внешний облик.

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	14
1 Аналитическая часть .....	16
1.1 Общие положения .....	16
1.1.1 Принцип работы оператора и проектируемого устройства .....	18
1.1.2 Подбор блоков, относящихся к корпусу устройства .....	23
1.2 Обзор аналогов .....	25
1.2.1 Российский рынок .....	25
1.2.2 Зарубежный рынок .....	33
1.2.3 Сравнительная таблица аналогов .....	42
1.3 Формирование требований к дизайну установки и нормативные документы .....	50
1.3.1 Требования к конструкции установки .....	50
1.3.2 Основные требования по эргономике и технической эстетике .....	53
1.3.3 Требования к эксплуатации .....	57
1.3.4 Требования к материалам и технологии изготовления .....	60
1.4 Выводы по первой главе .....	60
2 Разработка концепции дизайна установки .....	63
2.1 Структурная схема и стандартные комплектующие .....	63
2.1.1 Комбинаторные схемы .....	64
2.2 Концепции дизайна установки .....	70
2.2.1 Предварительное эскизирование .....	76
2.2.2 Колористическая проработка .....	86
2.3 Эргономический анализ проектируемой корпусной установки .....	87
2.3.1 Анализ антропометрических данных .....	89
2.4 Подбор стандартных деталей .....	91
2.5 Материалы и технологии изготовления .....	94
2.6 Итоговая концепция .....	98
2.7 Выводы по второй главе .....	98
3 Разработка художественно-конструкторского решения .....	100

3.1	Трехмерное моделирование .....	100
3.1.1	Черновое моделирование .....	100
3.1.2	Итоговая модель .....	102
3.2	Подготовка конструкторской документации .....	106
3.3	Подготовка презентационного материала .....	107
3.3.1	Создание планшета .....	107
3.3.1.1	Подбор шрифтов .....	109
3.3.1.2	Подбор цветового решения.....	109
3.3.2	Макетирование .....	109
3.4	Выводы по третьей главе.....	111
4.	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	112
4.1	Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения...	112
4.1.1	Потенциальные потребители результатов исследования .....	112
4.1.2	Анализ конкурентных технических решений .....	113
4.1.3	Технология QuaD .....	114
4.1.4	SWOT-анализ.....	116
4.2	Планирование научно-исследовательских работ.....	117
4.2.1	Структура работ в рамках научного исследования .....	117
4.2.2	Определение трудоемкости выполнения работ .....	118
4.2.3	Разработка графика проведения проектной работы .....	119
4.3	Бюджет научно-технического исследования .....	123
4.3.1	Расчет материальных затрат исследования .....	123
4.3.2	Основная заработная плата исполнителей .....	123
4.3.3	Дополнительная заработная плата исполнителей .....	124
4.3.4	Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	125
4.3.5	Общие затраты на научно-техническое исследование.....	125
4.4	Определение экономической эффективности исследования .....	126
4.5	Выводы по четвертой главе .....	128
5	Социальная ответственность .....	129

5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .....	129
5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства .....	129
5.1.2 Требования к рабочей зоне.....	130
5.2 Производственная безопасность.....	132
5.2.1 Опасные производственные факторы .....	132
5.2.2 Вредные производственные факторы .....	134
5.3 Экологическая безопасность.....	138
5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	138
5.5 Выводы по пятой главе.....	140
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	141
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ И НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ.....	142
ПРИЛОЖЕНИЕ А .....	149

## ВВЕДЕНИЕ

Практическая значимость проектируемого промышленного оборудования стенда СВК-А обусловлена проблемой удобства и безопасности использования, включая непосредственно и внешний облик.

**Актуальность** качество подшипников во многом зависит, на сколько долго прослужит механическое оборудование. Проведение анализов химического состава стали не даёт стопроцентной гарантии подлинности изделия подшипника. При этом входной контроль качества должен быть комплексным, не ограничиваясь лишь проверкой документации или визуальным осмотром изделия. Для получения точных данных используют стенды входного контроля подшипника, способные комплексно проанализировать их состояние. В связи с этим стенд СВК-А становится востребованным для организаций, участвующих в оптовых закупках деталей узлов вращения.

**Целью работы** является разработка промышленного дизайна корпуса стенда вибрационного контроля подшипников качения для организации ООО «ТриБоСС».

**Объектом** исследования является промышленный дизайн испытательного оборудования машиностроительной отрасли.

**Предмет** исследования – промышленный дизайн корпуса стенда вибрационного контроля подшипников качения.

Для достижения данной цели потребовалось решить следующие задачи:

- произвести обзор и анализ аналогов на российском и зарубежном рынках;
- разработать концепции дизайна;
- произвести эскизирование
- осуществить колористическую проработку;
- подобрать стандартные комплектующие, относящиеся к корпусу прибора;
- осуществить подбор материалов и технологий изготовления корпуса прибора;
- произвести анализ эргономики и безопасности воздействия прибора;

- разработать 3D модель;
- разработать концепцию дизайна, эскизы и цвето-фактурную проработку;
- выполнить визуализацию объекта;
- подготовить презентацию.

## **1 Аналитическая часть**

### **1.1 Общие положения**

Стенд входного контроля подшипников качения наибольшую важность представляет для организаций, участвующих в оптовых закупках деталей узлов вращения. Это можно объяснить тем, что от качества таких подшипников во многом зависит, насколько долго прослужит механическое оборудование.

При этом производители и поставщики подшипниковой продукции со временем сменяют друг друга, а в тендерной системе закупок это происходит довольно часто. И поскольку отсутствует перспектива долгосрочного сотрудничества с потребителями, качество производимых подшипников снижается, они продаются по минимальным ценам, и кроме того, на рынке появляется контрафактная или восстановленная подшипниковая продукция. Все эти факторы приводят к возникновению потребности во входном контроле подшипников на территории потребителей, который должен быть тщательно организован.

При этом входной контроль качества должен быть комплексным, не ограничиваясь лишь проверкой документации или визуальным осмотром изделия. Наиболее популярным средством для такого комплексного анализа сейчас выступают стенды вибрационного контроля подшипников качения. Их задачей, с которой они справляются на должном уровне, является отбраковка некачественных подшипников на этапе, предшествующем сборке подшипниковых узлов. Благодаря такому подходу удастся предотвратить внеплановые простои механического оборудования, а также избежать аварийных ситуаций и продлить время, которое прослужит техника до очередного ремонта [1].

Итак, входной контроль подшипников очень важен, поэтому наличие качественного инструмента, способного комплексно проанализировать их состояние, становится преимуществом. Но прежде чем приступить к проектированию такого инструмента, т.е. стенда входного контроля, необходимо изучить, какими моделями он уже представлен на рынке, каковы их основные

достоинства и недостатки – иными словами, тщательно изучить конкурентную среду.

Отечественный рынок на сегодняшний день располагает специальными диагностическими стендами, произведенными в России. Их конструкция позволяет осуществлять с их помощью один или несколько методов контроля из представленного ниже списка:

- Ручной/визуальный метод. Заключается во внешнем осмотре и проверке маркировки подшипников;

- Оптический метод. Конкретные виды повреждений и отклонений материалов можно определять дефектоскопическим и ультразвуковым методами с использованием электромагнитного и волнового оборудования;

- Акустический метод. Дефекты подшипников диагностируются на слух или с помощью ультразвуковых приборов;

- Метод диагностики по уровню вибрации в трех полосах частот. Такую диагностику осуществляют заводы-изготовители подшипников, суть его состоит в измерении уровня вибрации (в дБ) на стенде и отбраковке подшипников, производящих наибольшее количество «шума»;

- Метод сравнения мощности вибрации в двух частотах. Проводятся измерения среднеквадратического значения (СКЗ) виброускорения в двух диапазонах – низкочастотном (от 10 Гц до 1 кГц) и высокочастотном (от 14 кГц до 28 кГц). Затем проводится сравнение полученных значений [2].

Зарубежный рынок также может предложить целый ряд аналогов стендов входного контроля подшипников. Более подробно российские и зарубежные модели стендов рассмотрены и проанализированы в разделе 1.2 данной работы.

Важность качественных подшипников качения обусловлена тем, что они играют роль универсального узла, обеспечивающего снижение сил трения в различных механизмах. Строение подшипника качения показано на рисунке 1.

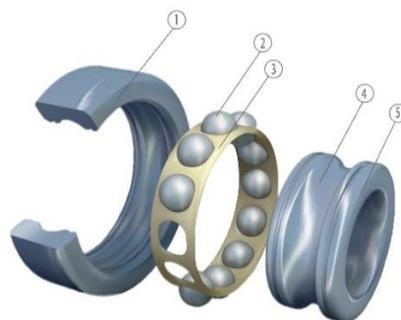


Рисунок 1 – Устройство радиального шарикоподшипника: 1 – внешнее кольцо; 2 – шарик (тело качения); 3 – сепаратор; 4 – дорожка качения; 5 – внутреннее кольцо

Таких подшипников на предприятии может одновременно находиться в работе несколько тысяч. В таком случае стенды ускоряют процедуру работы благодаря не только эффективным методам проверки, но и применению программного обеспечения по подшипникам.

### 1.1.1 Принцип работы оператора и проектируемого устройства

Прототипом разрабатываемого в данном проекте изделия выбран стенд входного контроля подшипников качения СП-180М, разработанный ООО «Диамех», г. Москва. Внешний вид прототипа представлен на рисунке 2.



Рисунок 2 – Внешний вид стенда входного контроля подшипников качения СП-180М [3]

В данном стенде установлена автоматизированная система управления, оснащенная специальным программным обеспечением по подшипникам. Система управления показана на рисунке 3.



Рисунок 3 – Система управления (СУ)

При диагностике подшипников (особенно массивных, имеющих большой размер) в пневмосистеме стенда должен поддерживаться определенный уровень давления. Это достигается добавлением к конструкции стенда специального компрессора представлено на рисунке 4.



Рисунок 4 – Размещение компрессора

С помощью специального датчика можно измерять вибрационные характеристики подшипников при заданной нагрузке и частоте вращения в соответствии с ГОСТ Р 52545.12006 (ИСО 152421:2004) [4]. Также он позволяет выявлять неисправности и дефекты подшипников: недостатки внешнего и внутреннего колец подшипника, тел качения, сепаратора. Использование дополнительного модуля позволяет измерять величину радиального зазора.

Диагностика одного подшипника в среднем занимает от 30 до 60 секунд, в дополнение ко времени, затраченному на подготовку. Время диагностики зависит от массы и размера изделия [5].

На рисунке 5 можно увидеть технический разбор элементов прототипа разрабатываемого изделия, необходимый для дальнейшего анализа.

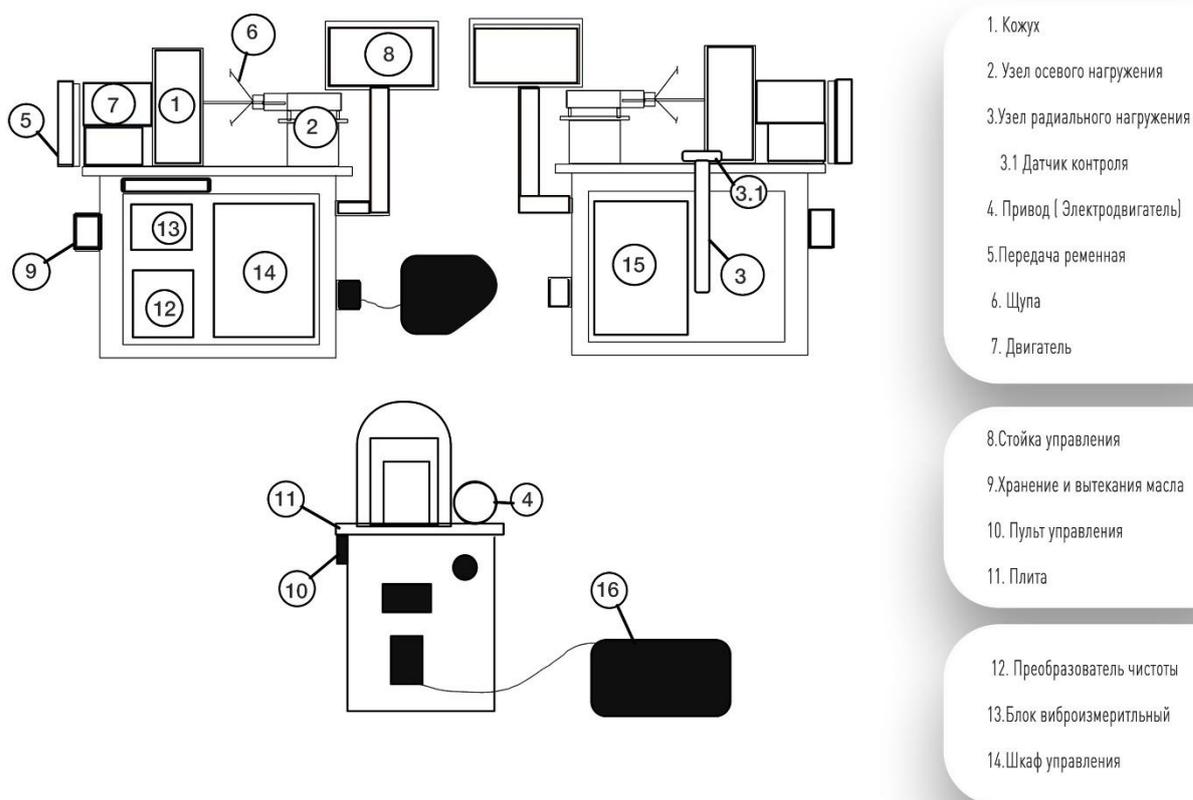


Рисунок 5 – Технический разбор элементов

Исходя из технического разбора элементов устройства, самая тяжелая часть конструкции – станина. Она является основой конструкции стенда, служит местом крепления всех прочих подвижных и неподвижных деталей и узлов, а также местом опоры всего механизма на фундамент. Ее задачей является не только распределение, передача и компенсация нагрузок, но и гашение колебаний разной частоты, которым подвергается установка при работе.

На станине размещается блок измерительной части (машина испытаний), где оператор производит рабочие операции. Конструкция стоит на металлическом каркасе.

Система управления (СУ) встроена в основу нижней части конструкции. Рядом с установкой на полу стоит подключенный компрессор [6].

Работа со стендом предполагает следующую схему взаимодействия:

1. При исследовании установки важно учитывать такой аспект как наличие оператора. Задача оператора заключается в том, чтобы поместить подшипник (в качестве примера был взят подшипник диаметром 200 мм) в блок измерительного модуля, где необходимо установить переходную втулку соответствующего типоразмера на коническую оправку. Измерительный модуль показан на рисунке 6.



Рисунок 6 – Подшипник ( $D = 200$  мм)

К наружному кольцу подшипника подводится призма механизма подачи радиальной нагрузки и прижим механизма подачи осевой нагрузки, представлено на рисунке 7.



Рисунок 7 – Измерительный модуль

На втулку помещается подшипник, который необходимо продиагностировать, а затем на экране измерительного модуля выбирается его номер. Установка подшипника показана на рисунке 8.

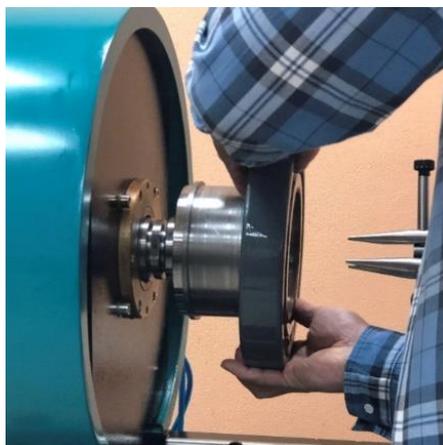


Рисунок 8 – Установка подшипника

В пневмоцилиндры механизмов подачи нагрузок подается сжатый воздух под давлением, создающий необходимое усилие штоков цилиндров, после чего подшипник начинает вращаться.

2. Далее оператор производит настройку параметров на программном обеспечении СУ и запускает установку. Все измерения производятся автоматически, а вся информация для проверки данного подшипника (радиальная и осевая испытательная нагрузка, частота вращения) загружаются в память измерительного модуля до начала процесса.

3. По итогам проведенного исследования составляется отчет в MS Word, который в дальнейшем распечатывается. Он может быть использован как документ, подтверждающий результаты диагностики.

4. Датчик, установленный внутри призмы механизма подачи радиального усилия, измеряет вибрацию подшипника, параметры которой поступают в прибор, представлено на рисунке 9.

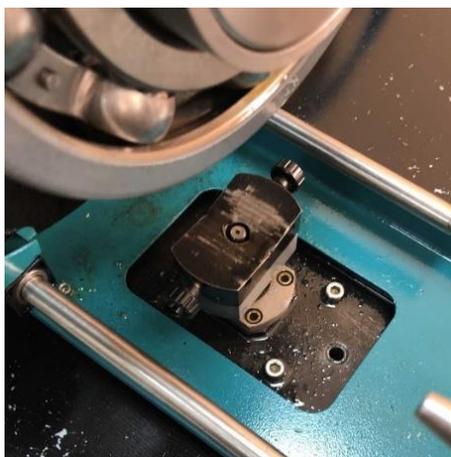


Рисунок 9 – Расположение измерительного датчика

Полученная информация сравнивается с нормативными данными, и в зависимости от целей применения подшипника делается заключение о степени его пригодности.

На экран измерительного прибора также выводится информация о том, какой вид нагрузки должен быть применен для аттестуемого подшипника в зависимости от его типа: радиальная, осевая или комбинированная.

Измерительный модуль в автоматическом режиме отслеживает параметры вибрации проверяемого подшипника, формирует протоколы тестирования и хранит полученные результаты, которые показываются на экране в аналоговом и цифровом формате [7].

### **1.1.2 Подбор блоков, относящихся к корпусу устройства**

При проектировании дизайна корпуса устройства важно учитывать его особенности работы и внутреннюю составляющую конструкции. Поэтому следующим этапом исследования стал разбор схемы узлов стенда, представлено на рисунке 10.

На схеме узлы стенда поделены на две основные ветви. На схеме каждой ветви видно, какой узел с чем взаимодействует и какие элементы с ним взаимосвязаны. Первая ветвь – измерительный блок верхней части конструкции (машина испытаний), который объединяет в себе три основные группы элементов установки, а также дополняющие его элементы.

Вторая ветвь представляет собой набор комплектующих элементов системы управления (СУ), куда входит часть установки компьютерного экрана.

Данная схема позволяет понять принцип взаимодействия и устройство конструкции стенда.

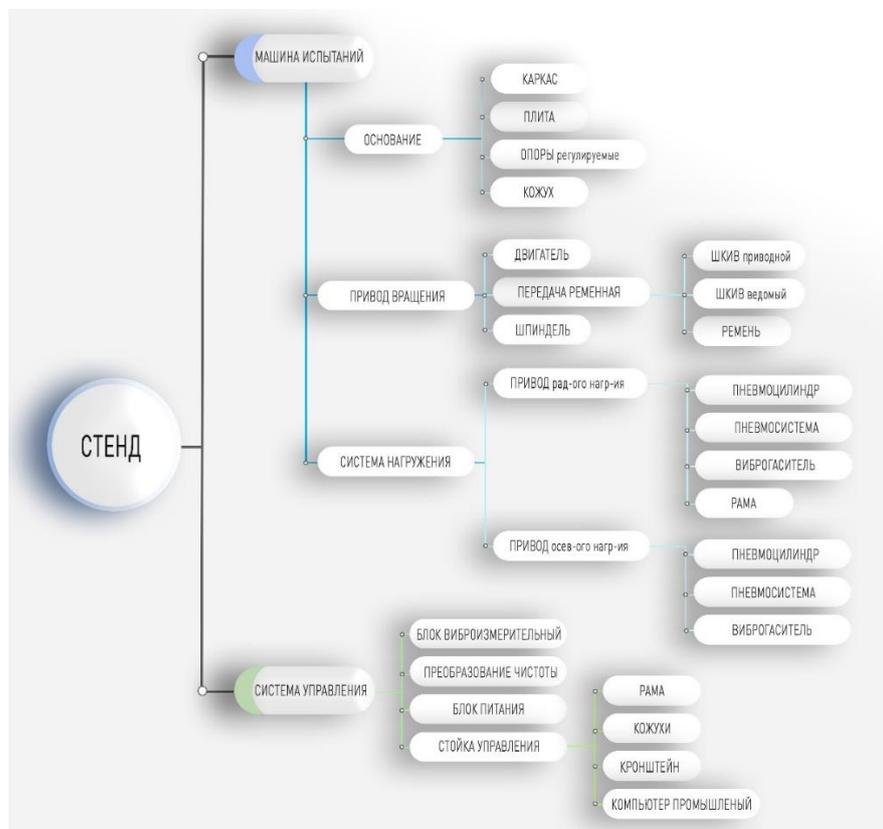


Рисунок 10 – Схема устройства узлов стенда

Таким образом, была составлена таблица 1, где корпус установки, разрабатываемый в данном проекте, должен содержать следующие элементы:

Таблица 1 – Элементы разрабатываемой установки

	Обозначение	Элементы установки
1.	Верхний блок измерительной части	- Защитный экран
2.	Нижний блок основания( каркас)	- Лоток (служащий для приема смазочного масла, вытекающего из подшипника по желобу из поддона) - Доступ к узлам Устройства (дверцы, крышки) - Панель управления
3.	Блок Системы управления (монитор) (СУ)	- шкаф, стойка

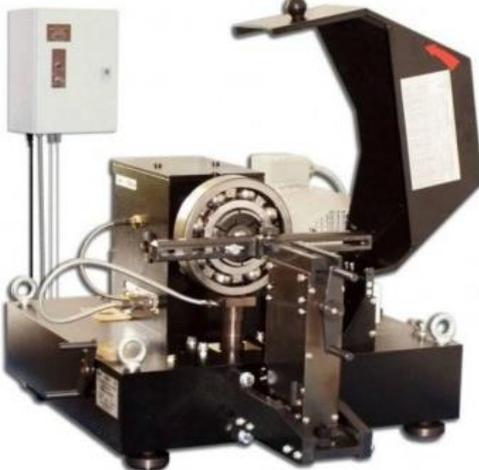
## 1.2 Обзор аналогов

На российском и зарубежном рынке представлен достаточно обширный перечень аналогов стендов входного контроля подшипников. По сути, это потенциальные конкуренты для проектируемой в данной работе установки. Поэтому для изучения конкурентной среды необходимо выполнить сравнительный анализ данных аналогов, выявить их достоинства и недостатки.

### 1.2.1 Российский рынок

Ниже представлено описание основных характеристик и элементов дизайна стендов входного контроля, существующих на российском рынке.

Таблица 2 – Основные характеристики стенда НПП ТИК [8]

<b>Стенд проверки подшипников</b>		
		
Наименование фирмы: <b>НПП ТИК</b>		
<b>Описание установки</b>		
<b>№</b>	<b>Характеристика</b>	<b>Описание</b>
1.	Тип установки:	Напольный с отделенной стойкой управления
2.	Основание: (Каркас) Вид кожухов Тип экран Тип опор Наличие систем хранения	Открытый, сварной Навесные, сборно-разборные Откидной, граненой формы Регулируемые Отсутствуют

Продолжение таблицы 2

3.	Модуль вращения внутреннего кольца подшипника: Тип привода Ориентация оси вращения	С передаточным устройством ременного типа Горизонтальная Сменная
4.	Расположение панели управления	Разнесенная. Часть расположена на основании установки, часть – на лицевой панели шкафа управления
5.	Настройка положения модулей нагружения	Ручная
6.	Размер диагностируемых подшипников: Внутренний диаметр, мм	35 – 150 42 – 320
7.	Общие габаритные размеры (Длина x Ширина x Высота), мм:	- 830 × 620 × 560 -300 × 450 × 240
<b>Категории дизайна</b>		
	<b>Наименование</b>	<b>Описание</b>
1.	Общий вид	Установка представляет собой блочную композицию состоящего из массивного нижнего основания стенда с граненым защитным кожухом. В стенд встроен привод, шкаф управления, компьютер и принтер. Привод стенда включает в себя вибропреобразователь МВ-43 -5ГН1/0,5, шпиндель, механизм радиальной и осевой нагрузок с тензометрическими преобразователями, датчик отметок и электронный блок.
2.	Композиционное решение	Часть узлов зоны испытаний снабжены отдельными кожухами, который является центральным композитным решением. Настольная конструкция предусматривает установку подшипника с одной боковой стороны, так как откидная крышка блокирует установку с противоположной стороны.
3.	Пропорции	Пропорции установки подчиняются требованиям рабочего процесса. Защитный откидной кожух компактно располагается на основании всей

Продолжение таблицы 2

4.	Колористическое решение	Корпус конструкции окрашен черной краской; так как кожух является откидным, на нем размещается информационная наклейка. Также есть зоны, выделенные кранным цветом для безопасной установки.
----	-------------------------	--

Таблица 3 – Основные характеристики ПРОТОН-СПП-II [9]

<b>Стенд проверки подшипников</b>		
		
Наименование фирмы: <b>БАЛТЕХ</b>		
<b>Описание установки</b>		
№ п/п	Характеристика	Описание
1.	Тип установки	Напольный с отделенной стойкой управления
2.	Основание. Каркас Вид кожухов Тип экрана Тип опор Наличие систем хранения	Открытый, сварной Навесные съемные экраны Сдвижной, граненой формы Регулируемые Отсутствуют
3.	Модуль вращения внутреннего кольца подшипника: Тип привода Ориентация оси вращения	С передаточным устройством ременного типа Горизонтальная Сменная
4.	Расположение панели управления	Разнесенная. Часть расположена на основании установки, часть – на лицевой панели шкафа управления

Продолжение таблицы 3

5.	Настройка положения модулей нагружения	Ручная
6.	Размер диагностируемых подшипников:	30 – 240
7.	Общие габаритные размеры (Длина x Ширина x Высота), мм:	- 1015 × x 950 × 1473
<b>Категории дизайна</b>		
	<b>Наименование</b>	<b>Описание</b>
1.	Общий вид	Установка представляет собой блочную композицию из простых геометрических форм, сочетание открытых и закрытых объемов. В открытой зоне испытаний металлические поверхности создают дополнительные блики, что в свою очередь, добавляет визуальной сложности и впечатления наиболее опасной части установки.
2.	Композиционное решение	Зона испытаний представляет собой визуально контролируемую систему открытого типа, каждый функциональный элемент которой обладает собственными оболочками. Подстолье состоит из каркаса с навесными оболочками и дверцами распашного типа. Панель управления разъединена для удобства оператора.
3.	Пропорции	Пропорции установки подчиняются требованиям рабочего процесса, близки к золотому сечению. Отступает от общих пропорций лишь форма экрана в зоне испытаний, она выглядит излишне высокой и слишком узкой, и в результате становится акцентом в общей композиции установки.

Продолжение таблицы 3

4.	Колористическое решение	<p>Палитра из 2 цветов: синий («электрик») и серый стальной, в оболочках преобладает синий. Цвет распределен согласно конструктиву: каркас выполнен в сером цвете, экраны и оболочки в синем. Элементы конструкции в рабочей зоне не окрашены.</p> <p>Кнопки быстрого управления на ПУ также окрашены в соответствующие цвета, но на фоне общего фона не заметны.</p>
----	-------------------------	---

Таблица 4 – Основные характеристики стенда ДИАМЕХ [3]

<b>Специальный вибродиагностический станок</b>		
		
<p>Наименование фирмы: ДИАМЕХ Модель: СП-180М</p>		
<b>Описание установки</b>		
№ п/п	Характеристика	Описание
1.	Тип установки	Напольный с вынесенной панелью управления
2.	<p>Основание. Каркас</p> <p>Вид кожухов</p> <p>Тип экрана</p> <p>Тип опор</p> <p>Наличие систем хранения</p>	<p>Открытый, сварной</p> <p>Навесные съемные экраны-дверцы, оболочки узлов сложной формы</p> <p>Сдвижной, цилиндрической формы</p> <p>Регулируемые</p> <p>Отсутствуют</p>

Продолжение таблицы 4

3.	Модуль вращения внутреннего кольца подшипника: Тип привода Ориентация оси	С передаточным устройством ременного типа Горизонтальная Сменная
4.	Расположение панели управления	Выносной дисплей, кнопки аварийного управления на корпусе основания в виде дополнительной панели
5.	Настройка положения модулей нагружения	Ручная
6.	Размер диагностируемых подшипников:	30 – 220 40 – 420
7.	Общие габаритные размеры (Длина х	1500 х 690 х 1450
8.	Масса основных частей установки, кг:	- 400
<b>Категории дизайна</b>		
	<b>Наименование</b>	<b>Описание</b>
1.	Общий вид	Установка представляет собой блочную композицию из простых геометрических форм, сочетание открытых и закрытых объемов.
2.	Композиционное решение	Часть узлов зоны испытаний снабжены отдельными кожухами, окрашенными матовой краской, сдвижной экран в нерабочем состоянии выполняет роль кожуха модуля вращения внутреннего кольца подшипника (МВВКп). Форма сдвижного экрана – цилиндр, соосный с осью МВВКп. Этот прием упрощает визуальное восприятие, усиливает впечатление безопасности установки в целом.
3.	Пропорции	Пропорции установки и ее узлов подчиняются требованиям рабочего процесса, близки к золотому сечению, в целом органичны и эргономичны.

Продолжение таблицы 4

4.	Колористическое решение	<p>Цветовая палитра включает серый и сложный бирюзовый оттенок. Оболочки динамической части установки выкрашены в сложный бирюзовый, остальные – в серый.</p> <p>Тонально выделена плита-столешница, визуально отделяющая зону испытаний от остальных.</p> <p>Кнопки аварийного управления выделены спектральным цветом и дополнительным объемом, что упрощает действия оператора.</p>
----	-------------------------	--

Таблица 5 – Основные характеристики СВПК-КОМПАКС® [10]

Система вибродиагностики подшипников качения		
		
Наименование фирмы: КОМПАКС®-РПП		
Описание установки		
№	Характеристика	Описание
1.	Тип установки	Напольный с отдельной диагностической станцией и разнесенной панелью управления
2.	Основание. Каркас Вид кожухов Тип экрана Тип опор Наличие систем	Скрытый Навесные, сборно-разборные Откидной, сложной цилиндрической формы Виброопоры. Регулируемые Присутствуют

Продолжение таблицы 5

3.	Модуль вращения внутреннего кольца подшипника: Тип привода Ориентация оси	Прямой Горизонтальная Сменная
4.	Расположение панели управления	Разнесенное управление
5.	Настройка положения модулей нагружения	Ручная
6.	Размер диагностируемых подшипников:	40 – 120 До 310 мм
<b>Категории дизайна</b>		
<b>№</b>	<b>Наименование</b>	<b>Величина параметров</b>
1.	Общий вид	Установка представляет собой блочную композицию из простых геометрических форм, сочетание открытых и закрытых объемов. Элементы зоны испытаний снабжены отдельными кожухами, окрашенными матовой краской, не создают дополнительных бликов, выглядят безопасными.
2.	Композиционное решение	Система представляет собой набор установок различного функционального назначения, выполненных в едином стиле. Каркас конструкции скрыт, внешние оболочки простой формы, контрастно выделена зона испытаний. Вся композиция ритмически проработана, уравновешена и согласована.
3.	Пропорции	Пропорции установки подчиняются требованиям рабочего процесса, близки к золотому сечению.

## Продолжение таблицы 5

4.	Колористическое решение	<p>В основе монохромное решение. Используется тоновый контраст для акцентирования рабочей зоны.</p> <p>В том же оттенке темного выбраны ручки системы хранения в подстоле,</p> <p>это решение делает в целом систему распределения тона более логичной и уравновешенной.</p> <p>Яркий спектральный цвет использован для кнопок аварийного управления и на корпусе двигателя. Таким образом, в общей композиции они выглядят акцентами.</p>
----	-------------------------	--

### 1.2.2 Зарубежный рынок

В данном разделе представлено описание основных характеристик и элементов дизайна стендов входного контроля на зарубежном рынке.

Таблица 6 – Основные характеристики установки FAG [11]

<b>Стенд вибродиагностики подшипников</b>		
		
Наименование фирмы: FAG Модель: MVH 90E/200E, MVH 90EL/200EL		
<b>Описание установки</b>		
№ п/п	Характеристика	Описание
1.	Тип установки	Напольный, модульный

Продолжение таблицы 6

2.	Основание. Каркас Вид кожухов Тип экрана Тип опор Наличие систем	Скрытый Оболочки сварные, формованные Отсутствует Сварная рама Отсутствуют
3.	Модуль вращения внутреннего кольца подшипника: Тип привода Ориентация оси	С передаточным устройством ременного типа Горизонтальная Сменная
4.	Расположение панели управления	Отдельный модуль в сборке с ШУ
5.	Настройка положения модулей нагружения	Ручная
6.	Размер диагностируемых подшипников:	MVN 90E/EL – 10 до 90 MVN 200E/EL – 80 до 200
7.	Общие габаритные размеры (Длина x Ширина x Высота), мм:	MVN 90E/EL - 1780 × 816 × 816 MVN 200E/EL - 1780 × 780 × 1104
8.	Масса основных частей установки, кг:  Измерительный модуль, кг	- 230  - 320
<b>Категории дизайна</b>		
	<b>Наименование</b>	<b>Описание</b>
1.	Общий вид	Установка представляет собой композицию из промышленного измерительного модуля и модуля управления.

Продолжение таблицы 6

2.	Композиционное решение	<p>Модульность. Дифференциация рабочей линейки корпусов по цвету и назначению.</p> <p>Пространственное решение максимально минималистично, что исключает лишний визуальный шум, увеличивает концентрацию оператора на процессе.</p> <p>Измерительный блок решен максимально контрастно. Форма оболочек блока подчиняется требованиям процесса, невысокой квалификации оператора, максимально упрощена, лишена дополнительных внешних функций.</p>
3.	Пропорции	<p>Пропорции подчиняются требованиям рабочего процесса, оболочки корпусов выполнены с целью минимизации занимаемого пространства и взаимозаменяемостью модулей системы.</p>
4.	Колористическое решение	<p>Общее цветовое решение подчиняется принципу модульности. При этом цветом выделены модули, у которых должен находиться оператор большее количество времени.</p> <p>Цветовая гамма – единая для модуля в целом. Тонально выделяются зона проведения испытаний, места сочленения модулей и панели управления.</p>

Таблица 7 – Основные характеристики установки FAG [12]

<b>Стенд вибродиагностики подшипников настольный</b>	
	
<p>Наименование фирмы: <b>FAG</b>          Модель: <b>MGL 35-7</b></p>	

Продолжение таблицы 7

<b>Описание установки</b>		
<b>№ п/п</b>	<b>Характеристика</b>	<b>Описание</b>
1.	Тип установки	Настольный полуавтомат
2.	Основание (Каркас) Вид кожухов Тип экрана Тип опор Наличие систем хранения	Скрытый каркас Сварные, навесные, сборно-разборные Отсутствует Регулируемые Отсутствуют
3.	Модуль вращения внутреннего кольца подшипника: Тип привода Ориентация оси вращения	Не просматривается Вертикальная Сменная
4.	Расположение панели управления	Разнесена на отдельный МУ и панель на основании
5.	Настройка положения модулей нагружения	Ручная
6.	Общие габаритные размеры (Длина x Ширина x Высота), мм: Измерительный модуль,	460 × 650 × 560 300 × 450 × 240
<b>Категории дизайна</b>		
	<b>Наименование</b>	<b>Описание</b>
1.	Общий вид	Сборная установка из стандартных промышленных приборов в собственных корпусах. Общее стилистическое решение в духе ретро 60-70-х гг XX века.
2.	Композиционное решение	Непосредственно измерительный блок выполнен в виде стандартного моноблока, очевидно, в стандартном же корпусе. Основная тенденция характерна для неосновных направлений производства, используется в целях сокращения расходов на разработку.

Продолжение таблицы 7

3.	Пропорции	Подчиняются общим требованиям рабочего процесса.
4.	Колористическое решение	Универсальные стандартизированные оттенки серого. Спектральными цветами выделены кнопки аварийного управления и логотип компании-производителя.

Таблица 8 – Основные характеристики SKF MVU 600HA/HR [13]

<b>Стенд для полуавтоматической диагностики подшипников</b>		
		
Наименование фирмы: SKF MVU 600HA/HR		
<b>Описание установки</b>		
№ п/п	Характеристика	Описание
1.	Тип установки	Напольный с отдельным ШУ и вынесенными монитором слежения и панелью управления
2.	Основание (Каркас)  Вид кожухов Тип экрана: Тип опор Наличие систем хранения	- Открытый, сварной в подстолье, конструкционный профиль в зоне измерений - Навесные съемные экраны - Сдвижной прозрачный пластиковый цилиндрической формы в зоне непосредственных измерений. Пластиковые плоские навесные прозрачные и непрозрачные экраны по нерабочему периметру и металлические в подстолье. - Регулируемы - Присутствуют

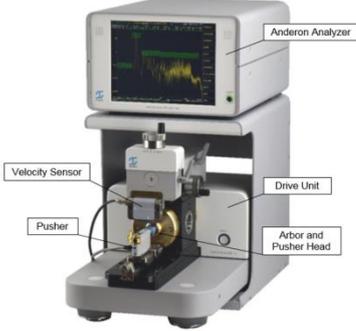
Продолжение таблицы 8

3.	Модуль вращения внутреннего кольца подшипника Тип привод Ориентация оси	С передаточным устройством Вертикальная Настраиваемая
4.	Расположение панели управления	Разнесенная. Панель управление расположена на основании установки, монитор слежения расположен на стойке крепления МОН.
5.	Настройка положения модулей нагружения	Автоматическая
6.	Общие габаритные размеры (Длина x Ширина x Высота), мм:	2135 × 2390 × 2167
<b>Категории дизайна</b>		
	<b>Наименование</b>	<b>Описание</b>
1.	Общий вид	Установка представляет собой композицию из функциональных блоков разного цвета. Выполнена с применением матовых и бликующих поверхностей. Производит впечатление тяжелой переосложненной конструкции с массой дополнительных гаджетов и функций.
2.	Композиционное решение	Установка представляет собой симметричную относительно положения оператора композицию, основание которой выполнено в виде сварного открытого каркаса с навесными экранами, а зона испытаний представляет собой многофункциональный рабочий стол с огражденным периметром и цилиндрическим прозрачным статичным пластиковым экраном непосредственно в зоне измерения. Направляющие для периферийных экранов выполнены из конструкционного профиля.
3.	Пропорции	Пропорции установки подчиняются требованиям рабочего процесса.

Продолжение таблицы 8

4.	Колористическое решение	<p>Палитра из 2 основных цветов: синий («электрик») и серый светлый. Применен принцип функционального обозначения цветом. Каркас – серый, экраны подстоля с функциональным содержимым и шкаф управления – синим, экраны защиты – прозрачные и непрозрачные серого светлого или белого цвета.</p> <p>Столешница рабочей зоны выделена по периметру направляющими черного цвета.</p>
----	-------------------------	--

Таблица 9 – Основные характеристики SUGAWARA [14]

<b>SUGAWARA в настольном исполнении</b>		
		
<p>Наименование фирмы: SUGAWARA                      Модель: Anderson Meter ADM-709</p>		
<p>Описание установки</p>		
№	Характеристика	Описание
1.	Тип установки	Настольный, блочный, с отдельным ПУ и вынесенными монитором слежения и панелью управления
2.	Основание. Каркас Вид кожухов Тип экрана: Тип опор: Наличие систем хранения:	Скрытый Сборно-разборные кожухи сложной формы Экран отсутствует Регулируемые Отсутствуют

Продолжение таблицы 9

3.	Расположение панели управления	Разнесенная. Управление расположено отдельно, монитор слежения в собственном кожухе расположен на верхней крышке измерительного модуля.
4.	Настройка положения модулей	Ручная, полуавтоматическая
5.	Общие габаритные размеры (Длина x Ширина x Высота), мм:	ADA-105: 315 × 218 × 300 ADM-104: 300 × 386 × 486 ADM-709: 700 × 1336 × 1280
6.	Масса установки, кг	ADA-105: 10 ADM-104: 80 ADM-709: 450
<b>Категории дизайна</b>		
	<b>Наименование</b>	<b>Описание</b>
1.	Общий вид	Установка представляет собой монохромную композицию из функциональных блоков, выполненных в едином стиле.
2.	Композиционное решение	Установка представляет набор функциональных блоков. Геометрия и расположение блоков подчиняются требованиям рабочего процесса. Оформление кожухов усложнено скруглением внешних углов с радиусом 1,5-2 см. Оболочки кожухов сборно-разборные, спроектированы индивидуально с учетом положения и позиции, крепятся на внутренней несущей системе. Положение всех кожухов и оболочек установки строго регламентировано.
3.	Пропорции	Пропорции установки подчиняются требованиям рабочего процесса и эргономики. Скругление углов радиусом заметной величины создает впечатление устойчивости, согласованности и безопасности.

Продолжение таблицы 9

4.	Колористическое решение	Монохромное исполнение внешних оболочек придает установке ощущение безопасности, тональное выделение активных рабочих зон облегчает восприятие при длительном рабочем процессе оператором.
----	-------------------------	--

Таблица 10 – Основные характеристики установки SUGAWARA

<b>SUGAWARA в напольном исполнении</b>		
		
Наименование фирмы: SUGAWARA (2)		
<b>Описание установки</b>		
№ п/п	Характеристика	Описание
1.	Тип установки	Напольный, блочный, открытого типа с отдельным ШУ и вынесенными монитором слежения и панелью управления
2.	Основание. Каркас Вид кожухов Тип экрана Тип опор Наличие систем хранения	Открытый, сварной, сборно-разборный Сборно-разборные кожухи сложной формы. Навесные экраны простой формы Экран отсутствует Регулируемые Отсутствуют
3.	Расположение панели управления	Разнесенная. Управление расположено отдельно, монитор слежения в собственном кожухе расположен на верхней крышке измерительного модуля.
4.	Настройка положения модулей нагружения	Ручная, полуавтоматическая

### Продолжение таблицы 10

5.	Общие габаритные размеры (Длина x Ширина x Высота), мм:	700 × 1336 × 1280
<b>Категории дизайна</b>		
	<b>Наименование</b>	<b>Описание</b>
1.	Общий вид	Установка представляет собой промышленный блочный конструктор.
2.	Композиционное решение	Установка представляет набор функциональных блоков. Геометрия и расположение блоков подчиняются требованиям рабочего процесса. Подстолье имеет несущую сварную основу и дооснащается сборно-разборными направляющими для организации размещения дополнительных блоков.
3.	Пропорции	Пропорции установки подчиняются требованиям рабочего процесса и эргономики. Благодаря явному применению принципа конструктора, установка производит впечатление легкой, динамичной, быстровозводимой конструкции.
4.	Колористическое решение	Монохромное исполнение внешних оболочек и конструктива придает установке ощущение безопасности, тональное выделение активных рабочих зон облегчает восприятие длительного рабочего процесса оператором.

### 1.2.3 Сравнительная таблица аналогов

Обозначив основные характеристики российских и зарубежных стендов входного контроля подшипников, перейдем к сравнительному анализу представленных моделей. Результат такого анализа, выявленные достоинства и недостатки стендов представлены в таблице 11.

Таблица 11 – Сравнительный анализ станда СВК-А

№ п/п	Фирма	Особенности	Достоинства	Недостатки
1.	НПП ТИК	1. Панель управления отделена от станда; 2. Кожух-маслоотбойник откидной; 3. Привод на ременной передаче; 4. шпиндельный блок, привод, панель управления оснащены корпусной оболочкой.	Компактность решения конструкции	Переносная конструкция. Подбранное рабочее место для малогабаритной конструкции может привести к высоким вибрациям самой системы
			Мобильность. Возможность размещения конструкции на специально подготовленном рабочем месте	Откидной защитный кожух предусматривает установку подшипника с одной боковой стороны, так как откидная крышка блокирует противоположную сторону
			На корпусе размещены информативные знаки использования устройства	Производит впечатление, что установка подшипника будет представлять сложность для оператора
			Система управления (СУ) отделена от станда. Вариативность установки для удобства оператора	Крепежные болты не скрыты. При рабочем процессе установки и настройке подшипника наружные болты могут повредиться и ослабить крепление. Это может привести к высокой вибрации самой системы

Продолжение таблицы 11

2.	БАЛТЕХ	<p>1. система управления отделена от станда;</p> <p>2. кожух-маслоотбойник задвижной;</p> <p>3. плита станины имеет разъемы и пружинные амортизаторы для снижения вибрации</p>	<p>Стенд и систему управления (СУ) можно перемещать визуального контроля подшипников;</p>	<p>защитный кожух-маслоотбойник открытый задвижной.</p>
			<p>станина оснащена с боковых сторон двумя дверцами;</p>	<p>пульт управления расположен с передней стороны; Такое положение усложнит процесс установки и настройки подшипника;</p>
			<p>Эргономичная конструкция. Удобство в использовании.</p>	<p>Форма сдвижного защитного экрана имеет сложную граненую открытую форму.</p>
3.	ДИАМЕХ	<p>1. Система управления встроена в стенд;</p> <p>2. Кожух-маслоотбойник задвижной;</p> <p>3. Радиальная нагрузка располагается сверху;</p> <p>4. Плита станины имеет разъемы;</p> <p>5. Привод на ременной передаче.</p>	<p>Форма сдвижного экрана – цилиндр, соосный с осью МВВКп. Этот прием упрощает визуальное восприятие,</p>	<p>Конструкция станда не имеет возможности перемещения. Установка представляет собой сочетание открытых и закрытых объемов.</p>
			<p>Конструкция станда стоит из простых геометрических</p>	<p>Цветовая палитра включает серый и сложный бирюзовый</p>
			<p>Панель управления расположена с боковой стороны;</p>	<p>Экран системы управления не имеет функции поворота и регулирования</p>

			Кнопки аварийного управления выделены спектральным цветом	Неудобное расположение блока хранения вытекающего масла, отсутствие у него крышки.
--	--	--	---	--

Продолжение таблицы 11

4.	КОМПАК С®-РПП	1. Раздельная блочная конструкция; 2. Кожух-маслоотбойник задвижной; 3. Привод присоединен к шпинделю (нет ременной передачи); 4. В корпус станины встроены дополнительные полки.	Компактность решения конструкции;	Кожух-маслоотбойник имеет откидной верх;
			Возможность размещения конструкции на специально подготовленном рабочем месте;	Панель управления располагается с боковой стороны (небезопасное расположение)
			Основание станда встроены дополнительные полки.	Производит впечатление тяжелой переусложненной конструкции.
5.	FAG	1. Система и панель управления встроена в стенд; 2. Корпус станка имеет треугольную форму; 3. Радиальная нагрузка располагается сверху; 4. MVH 90E/200E оснащены обычным датчиком вибрации MEA 200. В MVH 90EL/200EL используется новый лазерный виброметр SKF MSL-7100 для бесконтактных измерений.	Компактность решения конструкции; Форма оболочек блока эргономична для оператора, максимально упрощена, лишена дополнительных	Измерительный блок открытый и ничем не защищен;
			Ограниченный доступ управления	Экран системы управления (СУ)
			Радиальная нагрузка располагается сверху. (Такое положение комфортно для	Нет возможности дистанцировать систему управления;
			Станина оснащена с боковых сторон одной дверцей где спрятана электрическая часть.	Система и панель управления располагается близко к измерительной механике, может привести к высоким
6.	FAG MGL 35-7	1. Моноблок; 2. Измерительная электроника и блок управления располагаются по бокам корпуса;	Конструкция имеет цельный вид и представляет собой набор функциональных блоков.	Конструкция не предусматривает защитного экрана;

		3. Внутри корпуса спрятана электроника; 4. Переносная система управления (СУ).	Сборная блочная установка из стандартных промышленных приборов;	Выделенные спектральными цветами кнопки аварийного управления располагаются с боковой стороны (слепая зона);
--	--	---	---	--

Продолжение таблицы 11

			Компактная и переносная система управления (СУ);	Производит впечатление сложного опасного устройства;
			Положение прибора максимально упрощена, лишена дополнительных внешних функций.	Подобранное рабочее место для малогабаритной конструкции может привести к высоким вибрациям самой системы
7.	SKF MVU 600HA/HR	1. Напольный с отдельным ШУ и вынесенными монитором слежения и панелью управления; 2. Многофункциональный непосредственно в зоне измерения; 3. Применен принцип функционального обозначения цветом.	Компактность и оригинальность рабочего стола с огражденным периметром и цилиндрическим прозрачным статичным пластиковым экраном и встроенного измерительного устройства.	Производит впечатление тяжелой переосложненной конструкции с массой дополнительных гаджетов и функций.
			В нижней части корпуса встроенны отсеки для	Отсутствует защитный экран измерительного блока;
			Столешница рабочей зоны выделена по периметру направляющими черного цвета.	Сложная сборочная конструкция.
8.	SUGAWA RA (1)	1. Моноблок; 2. Использование специального гелевого материала для виброизоляции и прямой привод без использования приводного ремня;	Конструкция имеет цельный вид и представляет собой набор функциональных блоков.	Переносная конструкция. Подобранное рабочее место для малогабаритной конструкции может привести к высоким

		3. Система управления (СУ) является отдельным единым блоком для получения данных.		вибрациям самой системы;
			Компактная и переносная система управления (СУ);	Конструкция не предусматривает защитного экрана;

Продолжение таблицы 11

			Положение прибора максимально упрощена, лишена дополнительных внешних функций.	Отсутствуют выделение цвета кнопок аварийного управления и настройки панели управления;
			Монохромное исполнение внешних оболочек придает установке ощущение безопасности.	Настольный блок никак не фиксируется. В случае столкновения велика вероятность падения прибора.
9.	SUGAWA RA (2)	1. Раздельная блочная конструкция; 2. Открытая конструкция, сварная, сборно-разборная; 3. Система управления (СУ) является отдельным единым блоком для получения данных.	Конструкция имеет цельный вид и представляет собой набор функциональных блоков;	Рабочий кожух МВВКп ограничивает доступ к вращающимся частям установки;
			Подстолье имеет несущую сварную основу и дооснащается сборно-разборными направляющими для размещения дополнительных блоков;	Устройство Стенда не имеет цельный вид. (станина (шкаф) имеет закрытую цельную оболочку);
			Рабочий кожух МВВКп выполнен в упрощенном каркасном варианте;	Производит впечатление тяжелой переусложненной конструкции;
			Монохромное исполнение внешних оболочек и конструктива придает установке ощущение безопасности.	Отсутствуют выделение цвета кнопок аварийного управления и настройки панели управления.

Исходя из результата анализа аналогов были составлены таблицы 12 и 13, где представлены материалы и технология изготовления устройства стенда СВК-А.

Таблица 12 – Материалы

№ п/п	Стенд СВК-А	Наименование
1.	Основание станка (Станина)	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Серый чугун СЧ 15, СЧ 20, СЧ 30;</li> <li>– Сварная сталь;</li> <li>– Железобетон;</li> <li>– Синтегран (Синтетические материалы)</li> </ul>
2.	Плита	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Высокопрочная сталь</li> </ul>
3.	Шкаф (оболочка) ПУ	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Металлические материалы:</li> <li>– Холодная и горячекатаная сталь;</li> <li>– Оцинкованная сталь;</li> <li>– Нержавеющая сталь;</li> <li>– Алюминий.</li> <li>– Неметаллические материалы:</li> <li>– Поликарбонат;</li> <li>– Полиэстер;</li> <li>– Фибerglass;</li> <li>– ABS;</li> <li>– Акрил.</li> </ul>

Таблица 13 – Технология изготовления

№ п/п	Станина	Способ применения
1.	Чугунные сплавы	<p>Чугун: СЧ20, СЧ25, СЧ30, льяется при <math>t = 1500 - 2000^{\circ}\text{C}</math>.                      Состоит из чешуй графита, которые гасят колебания.                      Закалка осуществляется в условиях нагрева с помощью токов высокой частоты или газопламенного метода.                      Накладные направляющие производятся из следующих упрочненных материалов:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Цементированные и закаленные стали 20Х и 18ХГТ; высокоуглеродистые хромистые закаленные стали ШХ15, ШХ15СГ, ХВГ, 9ХС, 7ХГ2В, 8ХФ;</li> <li>• Азотированные стали 38ХМЮА, 40ХФ, 30ХН2МА, легированные и модифицированные закаленные чугуны СЧ30 с твердостью под закалку не менее НВ 170;</li> <li>• Твердость закаленных чугунных направляющих HRC 48-53, твердость стальных HRC 58-62.</li> </ul>
	Синтегран	<p>Для изготовления станин применяют синтегран (синтетический гранит и полимербетон).                      Синтегран – это смесь эпоксидной смолы и крошки гранита; смесь заливается в форму, и получается станина.</p>
	Сталь	<p>Их применяют, когда надо сделать 1 или 2 станины, потому что литье чугуна занимает длительное время .</p>
	<b>Оболочка ПУ</b>	<b>Способ применения</b>
2.	Холодная и горячекатаная сталь	<p>Холодная и горячекатаная сталь является наиболее дешевым видом стали. Такая сталь не коррозиестойчива, и поэтому ее применение необходимо сочетать с дополнительным покрытием.</p>

### Продолжение таблицы 13

Оцинкованная сталь	<p>Чуть более дорогой материал для изготовления шкафов управления, автоматики и электротехнических шкафов. При нормальных (нейтральных) внешних условиях, т.е. при отсутствии воздействия на металл различных щелочных и кислотных сред, данный металл может противостоять воздействию газа и нефтепродуктов, а также некоторым кислотам.</p>
Нержавеющая сталь	<p>Процесс изготовления сплавов включает в себя использование различных добавок, дополнительных химических элементов. Эти компоненты необходимы для придания изделиям различных свойств.</p> <p>Следует отметить, что некоторые марки нержавеющей стали поддаются коррозии после длительного срока эксплуатации. Это связано с составом, т. е. добавлением того или иного металла.</p> <p>Такой сплав имеет другие преимущества, которые нивелирует подверженность окислению.</p>
Алюминий	<p>Алюминиевые рамы изготавливаются не из чистого металла, а с добавлением различных элементов.</p> <p>Стоимость алюминия можно сопоставить со стоимостью нержавеющей стали, основной присадкой в которой выступает хром. Недостатком, алюминиевых шкафов является то, что этот металл не очень хорошо переносит воздействие высоких температур.</p>

## **1.3 Формирование требований к дизайну установки и нормативные документы**

### **1.3.1 Требования к конструкции установки**

Установка предназначена для диагностики радиальных и радиально-упорных подшипников качения, как новых, так и бывших в употреблении, по вибрационным характеристикам.

### **Требования к конструкции:**

Конструкция разрабатываемой установки должна быть блочно-модульной, т.е. состоять из модулей, разделенных по функциям.

Стенд должен состоять из привода, шпиндельного узла, узла нагружения осевого, узла нагружения радиального, измерительной части и электронного блока [15].

Внутреннее кольцо подшипника крепится на шпинделе с оправкой, который также приводит подшипник во вращательное движение. Его конструкция должна быть такова, чтобы он, помимо прочего, был жесткой базой для оси внутреннего кольца.

Уровень собственных шумов работающего вхолостую привода не должен превышать по СКЗ виброскорости в области низких частот значения 55 дБ, в области средних частот 50 дБ и в области высоких частот 40 дБ [16].

Передача вибрации между узлом шпинделя с оправкой и внутренним кольцом подшипника в применяемом диапазоне частот должна быть много меньше, чем вибрация подшипника.

Направление оси чувствительности датчика должно быть перпендикулярно оси вращения.

Стенд должен быть сконструирован так, чтобы точка приложения радиальной нагрузки (она же точка контакта датчика с внешним кольцом) могла быть передвинута вдоль оси вращения подшипника.

Если подвижная часть вибропреобразователя прижата к поверхности наружного кольца, то сила прижима должна быть выше  $MA$  ( $M$  – подвижная масса,  $A$  – пиковое значение ускорения), чтобы исключить вероятность потери контакта с наружным кольцом подшипника. Для этого масса датчика должна быть как можно меньше [4].

Таблица 14 – Смазка и приработка открытых подшипников

Подшипники измеряют в среде, не влияющей на их вибрацию, при следующих условиях:	
температура окружающего воздуха	от 17 °С до 27 °С;
относительная влажность	от 45% до 70%;
атмосферное давление	от 84 до 106 кПа.

### **Требования к оправкам:**

Чтобы обеспечить скользящую посадку в отверстии подшипника, необходимо, чтобы наружный диаметр поверхности оправки, где размещается внутреннее кольцо подшипника, имел поле допуска 5 – таково требование ГОСТ 25347-2013 [17].

Если подшипник проверяется с применением одного измерительного оборудования и одного метода, если он находится в одинаковой позиции при одинаковом положении его наружного кольца, если измерения проводятся в течение короткого промежутка времени, то повторяемость результатов таких измерений должна составлять  $\pm 10\%$  от среднего значения измеряемых величин [4].

Проведение измерений: все подшипники, за исключением радиально-упорных шариковых однорядных подшипников, измеряют под воздействием осевой нагрузки, приложенной сначала с одной стороны наружного кольца, и затем повторно с нагрузкой, приложенной с другой стороны наружного кольца.

Радиально-упорные шариковые однорядные подшипники измеряют под воздействием нагрузки только в одном направлении, воспринимающем осевую нагрузку.

Для увеличения точности результатов измерений целесообразно выполнить многократные измерения при различных угловых положениях наружного кольца по отношению к датчику.

При приемке подшипника наибольшее из полученных при разных положениях значений должно быть в установленных или взаимно одобренных изготовителем и потребителем пределах для каждого оцениваемого параметра вибрации.

Продолжительность измерения установлена в соответствии с ГОСТ Р 52545.1 [4].

### **1.3.2 Основные требования по эргономике и технической эстетике**

В данном разделе выделены основные требования к эргономике и технической эстетике для разрабатываемой Установки.

Установка должна соответствовать общим требованиям комплекса стандартов системы «человек-машина»: ГОСТ 12.2.049-80 [18], ГОСТ Р МЭК 60073-2000 [19].

**Комплекс стандартов системы «человек-машина»** ГОСТ 12.2.049-80 [18], ГОСТ Р МЭК 60073-2000 [19], ГОСТ 20.39.108-85 [20], ГОСТ Р 50948-2001 [21], положения ГОСТ 12.2.033-78 для рабочего места при выполнении работ стоя [22] содержат следующие требования к физическим нагрузкам:

- энергозатраты организма в течение рабочей смены – не более 1046 кДж/ч (250 ккал/ч);
- возможность изменения темпа выполнения трудовых действий в соответствии с динамикой работоспособности человека в течение смены и особенностями трудовых действий в пределах  $\pm 20\%$  от заданного темпа, если, исходя, технологических требований, темп не должен быть постоянным;
- пространственная компоновка элементов управления должна обеспечивать удобство взаимодействия с ними оператора любой рукой;
- допустимые динамические и статические нагрузки на двигательный аппарат человека;
- антропометрические характеристики двигательного аппарата человека;
- необходимость быстрого распознавания органов управления, формирования и закрепления навыков по управлению.

**Часто используемые средства отображения информации**, не требующие точного и быстрого считывания показаний, допускается располагать в вертикальной плоскости под углом  $\pm 30^\circ$  от нормальной линии взгляда и в горизонтальной плоскости под углом  $\pm 30^\circ$  от сагиттальной плоскости.

**Аварийные органы управления** должны находиться в пределах моторного поля оператора и легко распознаваться при помощи следующих специальных средств:

- четкая различимость ручек основных органов управления и индикаторов;

- ограничение или вовсе отсутствие доступа к органам управления, чьи параметры в процессе работы изменить невозможно [22].

Условия работы персонала разрабатываемой установки должны отвечать санитарным нормам СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [24].

Требования к рабочим местам в положении слоя содержатся в ГОСТ 12.2.033-78 [22].

Устройство рабочих мест оператора при работе сидя регламентируется ГОСТ 12.2.032-78 [25].

**Требования к среде взаимодействия** должны способствовать снижению воздействия на оператора вредных физических, химических, биологических и социально-бытовых факторов на рабочих местах. Также они должны обеспечивать создание условий труда и отдыха в соответствии с характером работы оператора [26].

При проектировании оборудования и организации рабочего места следует учитывать антропометрические показатели высоты рабочей поверхности при организации рабочего места (таблица 15).

Таблица 15 – Высота рабочей поверхности

Пол работника	Высота рабочей поверхности, мм
Женский	835
Мужской	905
Женский и мужской	870

На рисунках 11, 12, 13, 14 (ГОСТ 12.2. 033-78) показана система стандартов безопасности труда (ССБТ). Зоны для выполнения ручных операций и размещения органов управления в горизонтальной и вертикальной плоскости:

а) Рабочее место при выполнении работ стоя – виды сверху и сбоку. Зоны досягаемости представлены на рисунке 11 и в таблице 16.

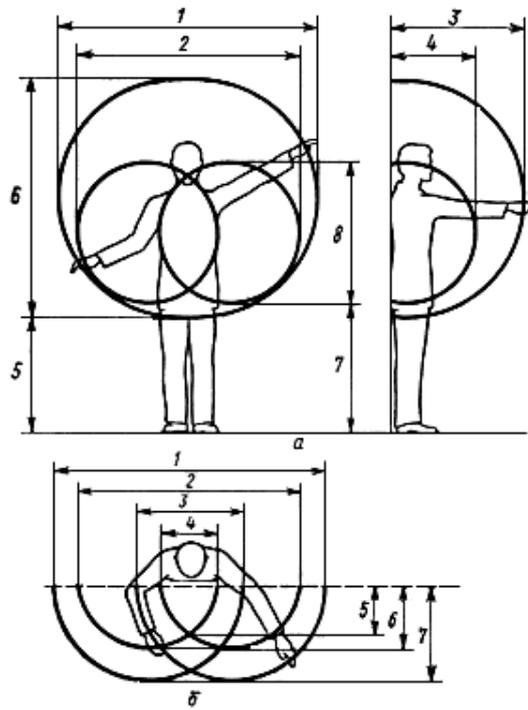


Рисунок 11 – Зоны досягаемости

Таблица 16 – Размеры зон досягаемости

Номер позиции	Зоны досягаемости, мм			
	В вертикальной плоскости		В горизонтальной плоскости	
	Для женщин	Для мужчин	Для женщин	Для мужчин
1	1400	1550	1370	1550
2	1100	1350	1100	1350
3	730	800	660	720
4	430	500	200	240
5	630	700	200	240
6	1260	1400	300	335
7	680	770	480	550
8	720	800	-	-

б) Регулируемые параметры следует выбирать по номограмме, приведенной на рисунке 12.

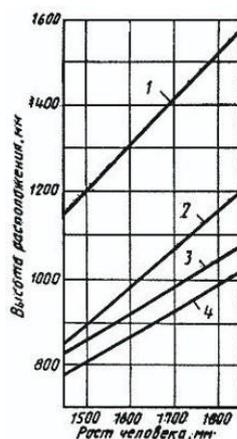


Рисунок 12 – Номограмма зависимости высоты: 1 – расположение средств отображения информации (1) и высоты рабочей поверхности, 2 – при легкой работе, 3 – при работе средней тяжести, 4 – при тяжелой работе  
в) Зоны зрительного наблюдения представлены на рисунках 13, 14.

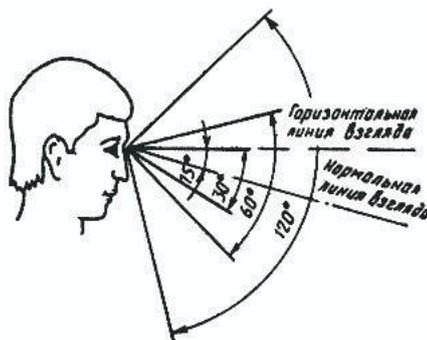


Рисунок 13 – Зоны зрительного наблюдения в вертикальной плоскости

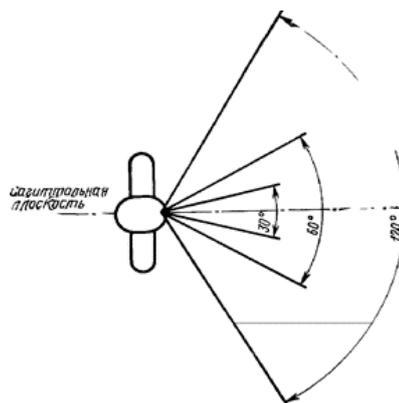


Рисунок 14 – Зоны зрительного наблюдения в горизонтальной плоскости

Эстетическая выразительность внешнего вида должна обеспечиваться тщательностью исполнения видимых элементов конструкции [27].

Требования к технической эстетике достигаются при художественно-конструкторском проектировании изделия с целью оптимальной реализации в

структуре и форме изделий функциональных, технико-конструктивных, эргономических и эстетических требований, а также в виде эстетических требований к характеристикам внешнего строения конкретного изделия с целью достижения высокого уровня художественной выразительности, рациональности формы и целостности композиции изделий и интерьеров обитаемых помещений.

Эстетические требования должны соответствовать эргономическим требованиям и дополнять их в части создания на рабочих местах и в обитаемых помещениях функционального, психологического и бытового комфорта, улучшающего эксплуатационные (потребительские) свойства изделия [20].

### **1.3.3 Требования к эксплуатации**

Обслуживание и ремонт:

- разрабатываемая установка должна соответствовать группе климатического исполнения УХЛ4 по ГОСТ 15150-69 [ГОСТ 15543.1-89] [28].
- разрабатываемая установка должна соответствовать группе механического исполнения М2 обслуживанию, доступности к отдельным составным по ГОСТ 30631-99 [29].
- конструкция внешних кожухов должна обеспечивать беспрепятственный доступ к основным частям установки для проведения ремонтных и пусконаладочных работ, а также для технического обслуживания с заменой смазки и уплотнительных элементов.
- при разработке установки должно быть уделено особое внимание удобству ремонта в условиях эксплуатации, возможности кругового обслуживания модулей, сборки и разборки при техническом обслуживании, доступности отдельных составных частей при выполнении этих операций без демонтажа других составных частей.

- обслуживание и ремонт установки должны производиться без применения специальных инструментов [30].
- способ крепления установки должен разрабатываться с применением стандартного крепежа.

#### **Требования к эксплуатационной безопасности:**

- технические средства разрабатываемой установки по требованиям защиты человека от поражений электрическим током должны относиться к классу 1 и должны быть выполнены в соответствии с ГОСТ 12.2.007-0-75 [26].
- разрабатываемая установка при монтаже, наладке, обслуживании и ремонте должна соответствовать общим требованиям безопасности по ГОСТ 12.2. 003-91 [23] и ГОСТ 12.3. 002-75 [30].
- аппаратные стойки разрабатываемой установки должны быть изолированы от контура заземления здания, конструкций здания и другого оборудования, установленного в нем [31].
- условия работы персонала с электрооборудованием разрабатываемой установки должны соответствовать санитарным нормам по СанПиН.2.2.2/2.4.1340-03 [24].
- уровни шума и звуковой мощности в местах расположения персонала не должны превышать значений, установленных ГОСТ 12.1. 003-83 [16].
- для обеспечения регулировки и технического обслуживания установки необходимо рационально расположить органы регулировки, предусмотреть ограждения или средства защиты оператора в потенциально опасных зонах, чтобы исключить опасность для обслуживающего персонала.
- для осуществления безопасных регулировок, технического обслуживания и применения по назначению установки должен использоваться стандартный инструмент и приспособления.
- органы управления установки:

- должны быть легко доступны и свободно различимы, снабжены надписями, символами;
  - размещены с учетом требуемых усилий для перемещения;
  - выполнены так, чтобы их форма и размеры соответствовали способу захвата (пальцами, кистью) или нажатия (пальцем руки, ладонью) [19].
- требования электробезопасности: электрооборудование установки должно соответствовать утвержденным Госэнергонадзором «Правилам устройства электроустановок (ПУЭ)».
  - требования пожаробезопасности: приводная установка должна соответствовать значениям и требованиям пожаробезопасности, санитарным нормам [32].

Требования к транспортировке:

- разрабатываемая установка должна иметь блочно-модульную конструкцию: состоять из модулей, разделенных по функциям. Габариты модулей должны позволять транспортировать их в автомобильном контейнере.
- размер модулей не должен превышать габаритов европаллеты (предназначена для перевозки и хранения на нем грузов) с учетом упаковки для транспортировки и меть рамы моделей, позволяющих смонтировать их относительно друг друга для удобства обслуживания.

**Вывод:** конструктивное предлагаемое решение входящих в разрабатываемую установку устройств и систем должно обеспечивать:

- эстетичный внешний вид;
- удобство эксплуатации – безопасность, эргономичность и удобство использования установки;
- удобство при обслуживании и ремонте: свободный доступ ко всем элементам, узлам, блокам, ремонтпригодность и заменимость частей, разборка и сборка при помощи стандартных инструментов;

- удобство транспортировки установки.

### **1.3.4 Требования к материалам и технологии изготовления**

Требования к материалам и комплектующим изделия:

- при проектировании установки должны быть применены материалы, обеспечивающие их работоспособность под воздействием вибраций. Материалы подбираются с учетом нормального функционирования в течение всего срока службы.
- материалы корпуса прибора должны удовлетворять следующим требованиям:
  - физиологическая безвредность;
  - отсутствие токсичности, канцерогенности;
  - отсутствие аллергенности;
  - минимальное раздражающее действие на окружающие ткани;
  - постоянство физико-химических и механических свойств;
  - большая прочность и работоспособность при незначительной усталости.

## **1.4 Выводы по первой главе**

Разработка оптимального компоновочного решения изделия «Стенд для вибрационного контроля состояния подшипников качения» проведена исходя из анализа достоинств и недостатков наиболее близкого технического решения, существующего на сегодняшний день на рынке Российской Федерации и за рубежом.

Прототипом разрабатываемого в данном проекте изделия выбран стенд входного контроля подшипников качения СП-180М, разработанный ООО «Диамех», г. Москва.

Прототип имеет ряд недостатков, перечисленных ниже.

1. низкая устойчивость. Из-за высокорасположенного центра тяжести неизбежно возникновение дополнительных отрицательных вибраций в процессе работы комплекса и необходимости обязательного жесткого закрепления на основании помещения.

2. недостаточная степень автоматизации замера. Из-за отсутствия электрического привода для перемещения модуля радиального нагружения, в котором располагается датчик измерения вибрации, при настройке на следующий типоразмер контролируемого подшипника оператор вынужден с помощью рукоятки проводить позиционирование, при этом визуально контролируя точность позиционирования.

3. низкий уровень унификации. Отсутствие возможности установки различных по характеристикам блоков накладывает существенные ограничения по расширяемости и масштабируемости.

4. низкая эргономичность системы управления. Этот недостаток связан с отсутствием удобства в управлении установкой и адаптации устройств визуализации технологического процесса и органов управления под особенности различного телосложения операторов. Во время работы оператору приходится поднимать контролируемые подшипники на высоту более 1,2 метра. Отсутствует возможность работать сидя. При установке крупногабаритных и тяжелых подшипников оператору может мешать привод осевого нагружения.

5. низкий уровень безопасности. В прототипе имеется только локальная защита зоны, предотвращающая прямое попадание различных загрязнений на оператора, на узлы и механизмы. К тому же, не проработана защита от случайного касания оператором вращающихся частей, которые находятся в процессе контроля в движении и могут иметь высокую температуру поверхности.

6. низкий уровень ремонтпригодности/ежегодной аттестации. Все блоки прототипа имеют уникальное решение (как следствие – значительное время затрачивается на заказ и доставку комплектующих), а монтаж осуществляется на

труднодоступных элементах крепления. Чтобы сократить расходы на аттестацию стенда, нужно проводить ее только на месте установки стенда с частичной разборкой (разборка занимает около 2 часов, требует специальный инструмент, инструкция на данные работы отсутствует).

7. большой осевой габаритный размер. Осевое расположение модулей предполагает большой осевой габаритный размер.

## 2 Разработка концепции дизайна установки

### 2.1 Структурная схема и стандартные комплектующие

В данном разделе выделены основные части узлов установки, разработанного ООО «Диамех». Узел – сборочная единица, составные части которого (детали) подверглись соединению между собой сборочными операциями на предприятии-изготовителе. Его особенность заключается в возможности сборки независимо от других частей изделия.

На основе предложенной схемы будет строиться концептуальные предложения разрабатываемой установки. Это необходимо для того, чтобы модернизировать конструкцию и устранить найденные недостатки.

На рисунке 15 представлена структурная схема узлов устройства.

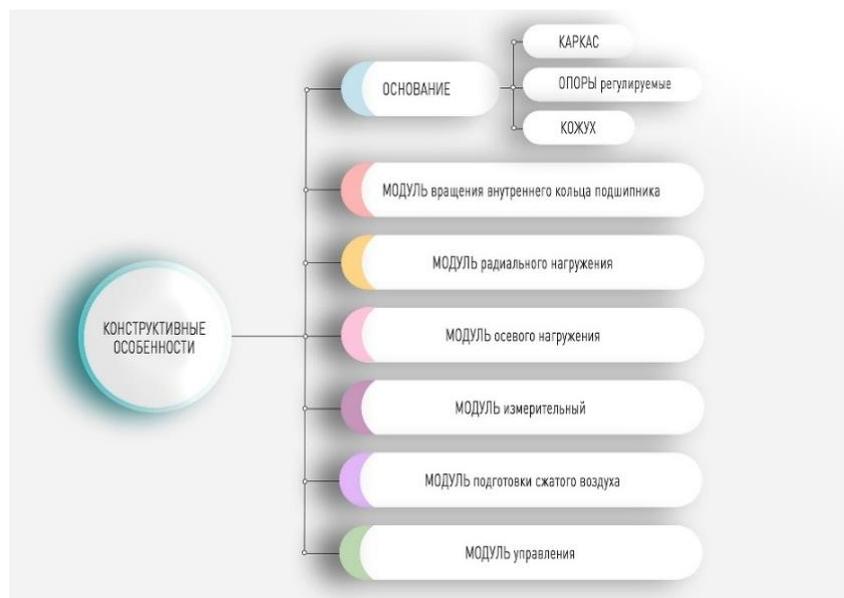


Рисунок 15 – Структурная схема

1) основание:

- каркас
- опоры, регулируемые
- кожух

2) модуль вращения внутреннего кольца подшипника;

3) модуль радиального нагружения;

4) модуль осевого нагружения;

5) модуль измерительный;

- 6) Модуль подготовки сжатого воздуха;
- 7) модуль управления.

### 2.1.1 Комбинаторные схемы

В данном подразделе описывается процесс поиска оптимальной конструкции устройства с помощью комбинаторного метода для создания принципиально новой конструкции. Применение комбинаторного метода подразумевает найти различные сочетания конструктивных особенностей и возможные варианты расположения данных элементов. В него входят методы анализа и синтеза, где анализ – это разделение системы на составляющие, а синтез – объединение составляющих в единую систему, отвечающую требованиям заказчика [33].

Работа с комбинаторными схемами проходила в несколько этапов.

Первый этап включает себя схему условных обозначений, выделенных соответствующим цветом и аббревиатурой (рисунок 16).

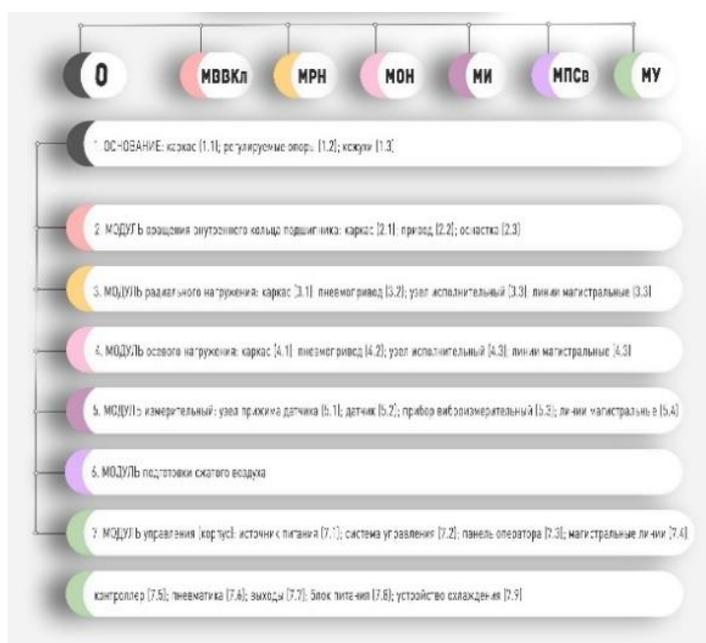


Рисунок 16 – Условные обозначения

1. (О) основание: каркас (1.1); регулируемые опоры (1.2); кожухи (1.3).
2. (МВВКл) модуль вращения внутреннего кольца подшипника: каркас (2.1); привод (2.2); оснастка (2.3).

3. (МРН) модуль радиального нагружения: каркас (3.1); пневмопривод (3.2); узел исполнительный (3.3); линии магистральные (3.3).

4. (МОН) модуль осевого нагружения: каркас (4.1); пневмопривод (4.2); узел исполнительный (4.3); линии магистральные (4.3).

5. (МИ) модуль измерительный: узел прижима датчика (5.1); датчик (5.2); прибор виброизмерительный (5.3); линии магистральные (5.4).

6. (МПСВ) модуль подготовки сжатого воздуха.

7. (МУ) модуль управления (корпус): источник питания (7.1); система управления (7.2); панель оператора (7.3); магистральные линии (7.4); контроллер (7.5); пневматика (7.6); выходы (7.7); блок питания (7.8), устройство охлаждения (7.9).

Второй этап включает в себя схему разделения системы на блоки, тем самым упрощая вид конструкции. Внутри блока находятся принадлежащие составные части относящихся к устройству стенда (рисунок 17).

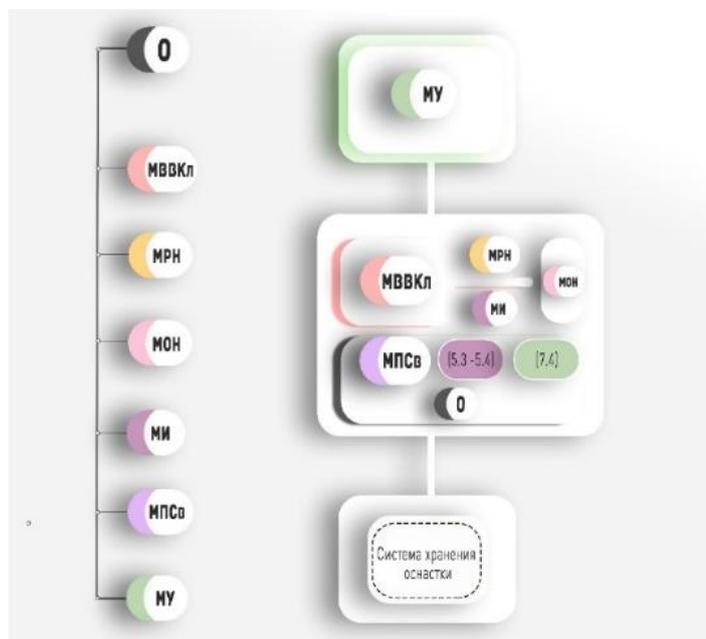


Рисунок 17 – Базовая компоновочная схема установки

Это необходимо для того, чтобы найти различные сочетания конструктивных особенностей и возможные варианты расположения данных элементов.

Третий этап включает в себя поиск компоновочных решений, используя схему базовой компоновки установки, обозначенным цветом и аббревиатурой.

1. компоновочные схемы типа моноблок для горизонтального исполнения (рисунок 18).

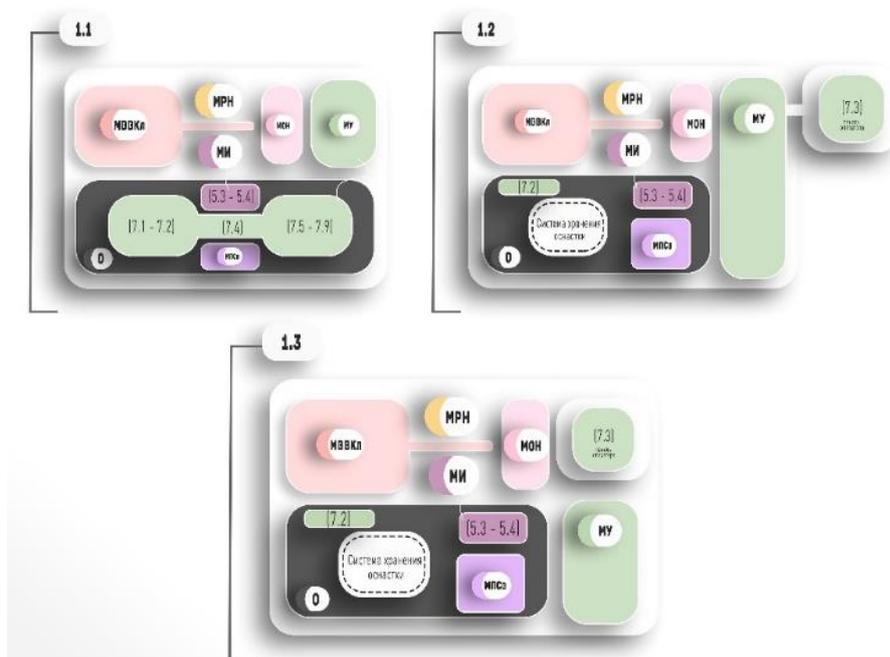


Рисунок 18 – Вариации типа моноблок

1.1 основная часть (МУ) модуля управления (7.1 – 7.9) располагаются в нижней части основания (О), а панель оператора (7.3) в верхней измерительной части (МВВКп), (МРН), (МИ), (МОН). Данный вид показывает, что все части устройства укомплектованы как единый цельный блок, без дополнительной системы хранения.

1.2 основание (О) имеет удлиненный блок с добавлением пространства для МУ. Он относится к верхнему и нижнему основанию (О). Туда помещается вся система управления (7.1 – 7.9). Там образом в нижней части конструкции рядом с МПСВ встраивается часть системы хранения. Панель оператора (7.3) в данном случае отделяется от основания (О) и располагается в верхней измерительной части, что так же может является добавлением пространства для единого блока. Данный вид показывает увеличение пространства основания блока для МУ с добавлением системы хранения.

1.3 основание (О) также имеет удлиненный блок с добавлением пространства для МУ. Пространство делится на две части. Панель оператора (7.3) в верхней, а вся система управления (7.1. – 7.9) в нижней. Там образом в

нижней части конструкции основания (О) рядом с МПСВ встраивается часть системы хранения. Данный вид представляет собой цельный вид конструкции с добавлением пространства для МУ и системы хранения.

Вывод по компоновочным схемам типа моноблок для горизонтального исполнения:

Достоинства: соответствие методике выполнения измерений; максимальная безопасность; возможная простота в исполнении; возможность интеграции панели оператора; возможность внутренних модульных решений; короткие магистральные линии.

Недостатки: ограничение свободы действий оператора; необходимость наличия съемно-разъемных оболочек для обеспечения ремонтных операций; необходимость конструктивных решений для максимального удобства и безопасности оператора при загрузке подшипников больших весов.

2. компоновочные схемы типа мультиблок для горизонтального исполнения (рисунок 19).

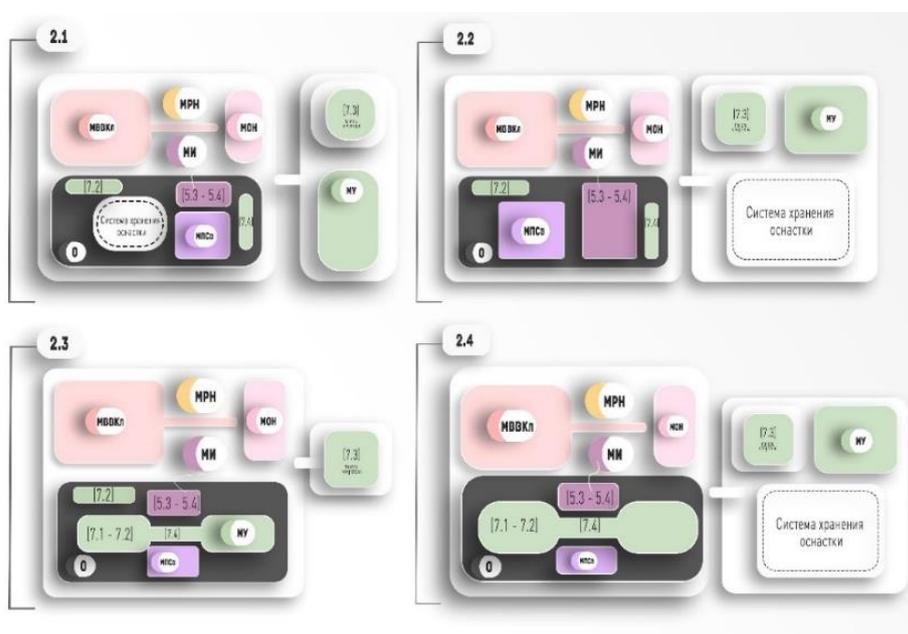


Рисунок 19 – Вариации типа мультиблок

2.1 схема делится на два основных блока. В верхней измерительной части Основание (О) помещается МВВКп, МРН, МИ, МОН, кроме МУ. МУ в данном случае является отдельным выносным блоком. Туда помещается практически вся система управления (7.1. – 7.9). Там образом в нижней части конструкции рядом

с МПСВ от МУ остаётся система управления (7.2, 7.4) и добавляется место для системы хранения. Данный вид представляет собой комплект, где МУ становится отдельной стойкой управления.

2.2 схема также делится на два основных блока. В основание (О) входят все используемые компоненты исключая элемент МУ, от МУ остаётся только система управления (7.2, 7.4) и располагаются в нижней части основания (О). Панель оператора (7.3) и остальные части (7.5 – 7.9) МУ вынесены отдельным блоком и располагаются вверху, а нижняя часть выделена для системы хранения. Таким образом основание (О) становится менее загруженной. Данный вид представляет собой комплект, где МУ становится отдельной стойкой управления с дополнительной системой хранения.

2.3 схема состоит из одного блока, но с отдельной реагирующей панелью управления (7.3). Основными элементами системы управления МУ (7.1 – 7.9) располагаются в нижней части основания (О). Данный вид показывает, что все части устройства укомплектованы как единый цельный блок, где панель оператора является отдельным регулируемым блоком (МУ) без системы хранения.

2.4 схема также делится на два основных блока и схожа с вариантом компоновочной схемы 2.4. В данной схеме система управления (МУ) является отдельным блоком, остальные части МУ (7.1 – 7.4) остаются в другом блоке, основания (О). Данный вид представляет собой комплект, где частично выносятся МУ как отдельный блок с дополнительной системой хранения.

Достоинства: соответствие методике выполнения измерений; заменимостью; облегченная ремонтпригодность; уменьшение габаритности; разнесение функций оператора; большая универсальность и возможность использования стандартных корпусов (шкафы, боксы и пр.); упрощение конструктива испытательного стенда; каждый блок установки может стать обособленной универсальной торговой единицей.

Недостатки: увеличение динамической нагрузки оператора; увеличение числа оболочек и необходимых сборочных операций; возможно усложнение формы оболочек; увеличение числа сопряжений оболочек.

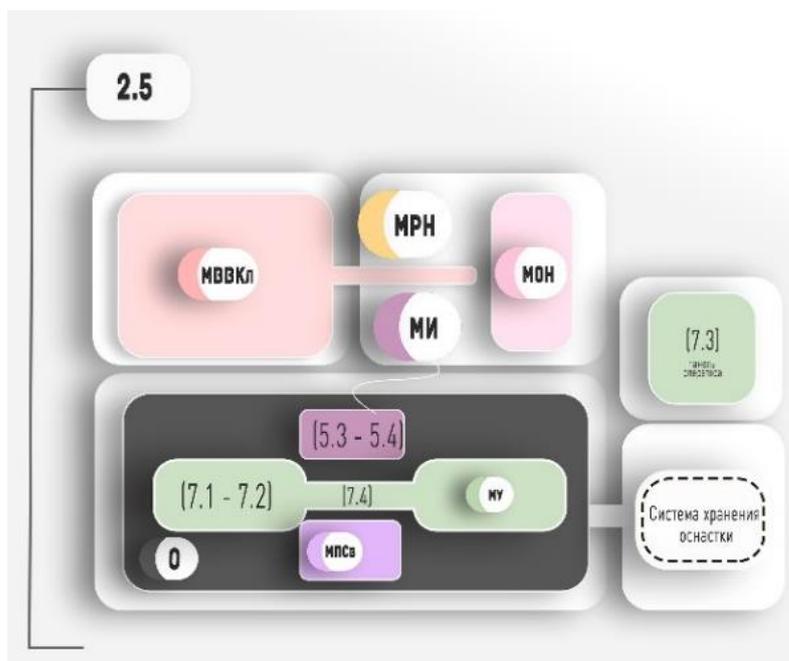


Рисунок 20 – Итоговый вариант типа мультиблок

2.4 данная схемы представляет собой итоговый вариант компоновочного решения, учитывая достоинства и недостатки предыдущих вариантов. Схема делится на два основных блока. Основная часть (МУ) модуля управления (7.1 – 7.9) располагаются в нижней части основания (О), а панель оператора (7.3) выносится отдельным блоком и располагается вверху, а нижняя часть выделена для системы хранения. Данный вид представляет собой комплект, где МУ становится отдельной стойкой управления с дополнительной системой хранения.

Вывод: результат работы показал, что комбинаторный метод помог при проектировании выбрать наиболее удачный тип компоновки, отвечающий принципам безопасности и удобства работы проектируемого Устройства.

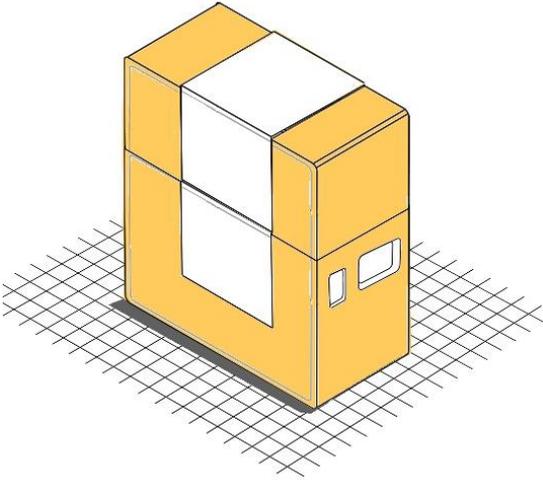
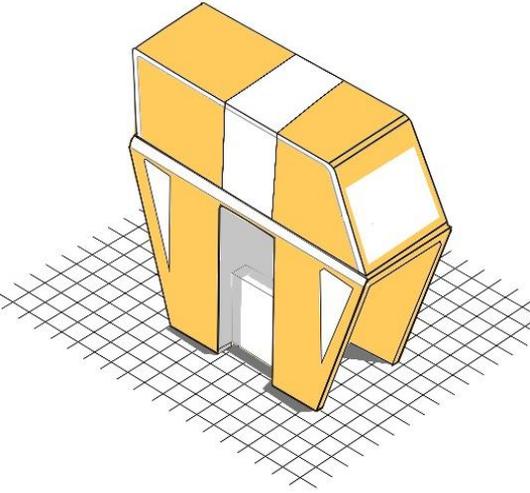
Были выявлены основные связующие моменты, связанные с модернизации основания (О) корпуса и размещения модуля с дополнительной системой хранения.

## 2.2 Концепции дизайна установки

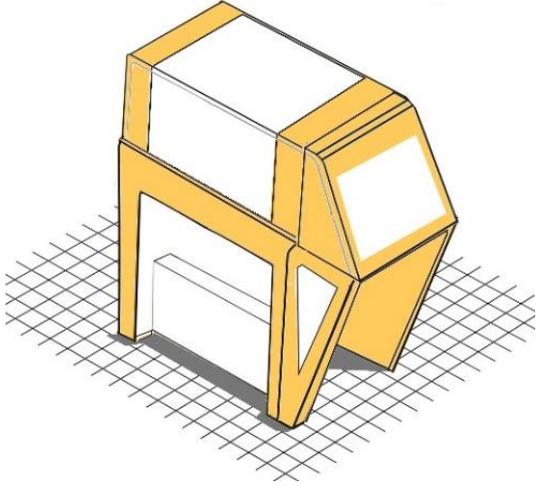
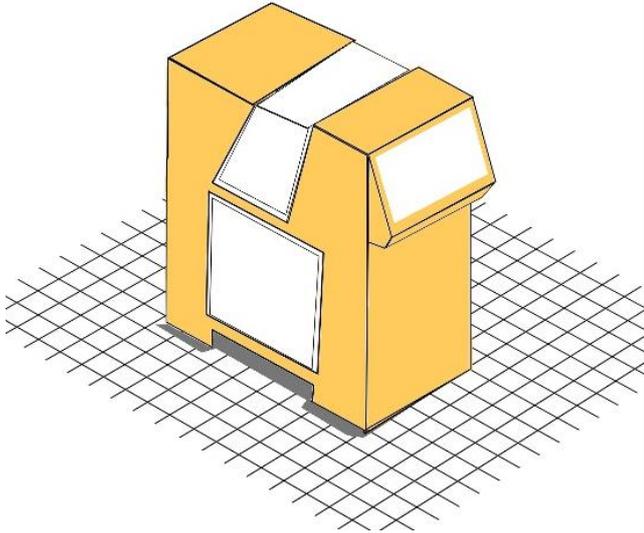
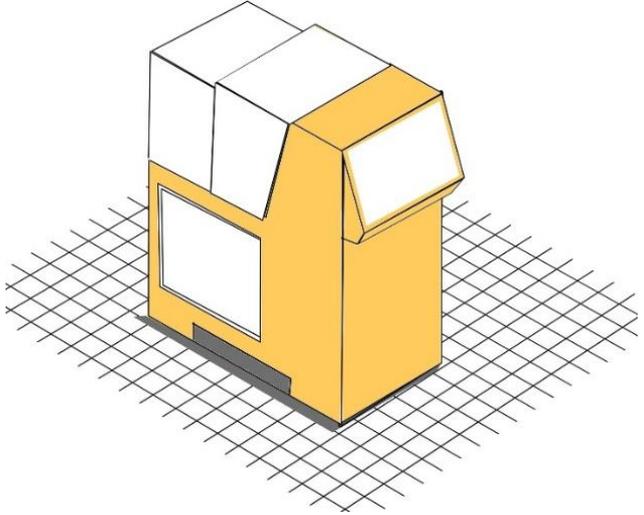
В данном разделе приведена художественно-конструкторская организация объекта. Она составляет только определенный аспект формообразования, которая выражается в поиске наиболее существенной для восприятия определённой информации и содержащая в себе понятие красоты.

В таблице 17 цвет имеет два основных обозначения: желтый – целостность блока, белый – область взаимодействия оператора с объектом.

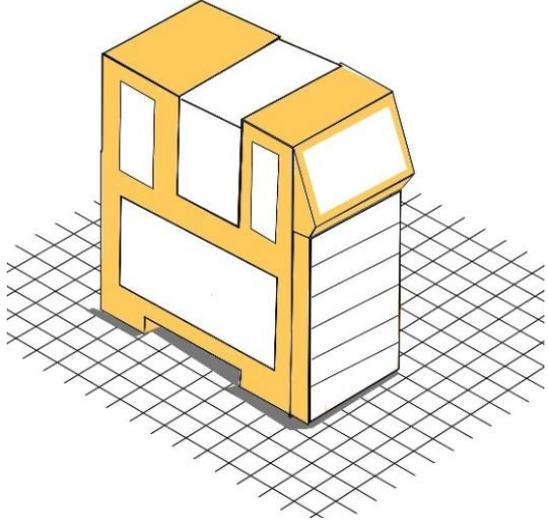
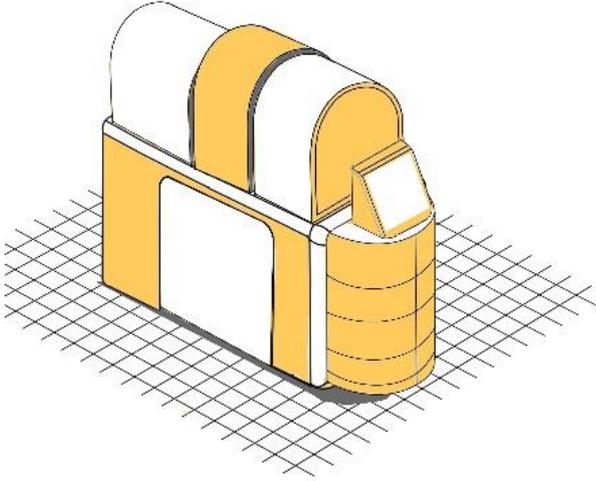
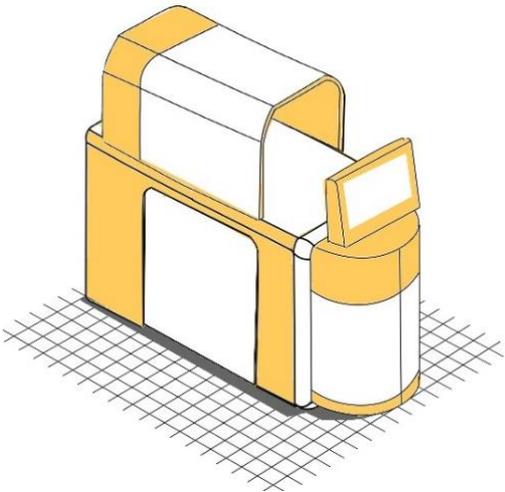
Таблица 17 – Поиск выразительного образа

№	Общий вид	Описание
1		<p>Тип конструкции: моноблок.</p> <p>Тип стилизации: лаконичные, простые геометрические пропорции. Представляет собой прямоугольную закрытую форму.</p> <p>Композиционное решение: композиционным центром выступает белый цвет. Также визуально акцентирует область взаимодействия оператора с объектом.</p>
2		<p>Тип конструкции: моноблок.</p> <p>Тип стилизации: Многогранные пропорции. Представляет собой сложную п-образную форму.</p> <p>Композиционное решение: область, выделенная желтым цветом, определяет целостность конструкции. Белый цвет визуально акцентирует область взаимодействия оператора с объектом.</p>

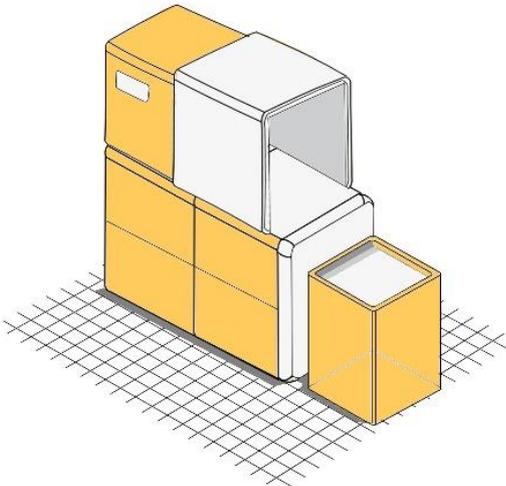
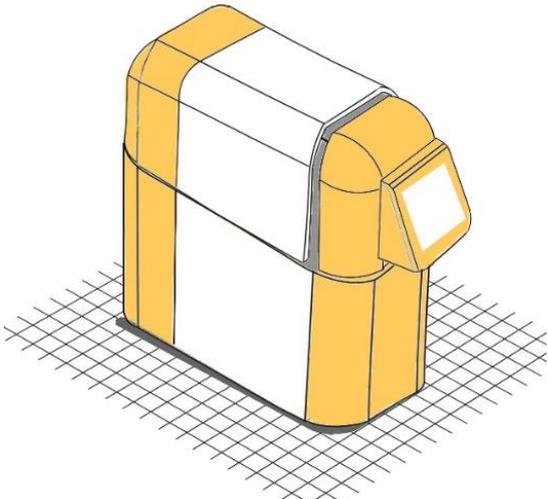
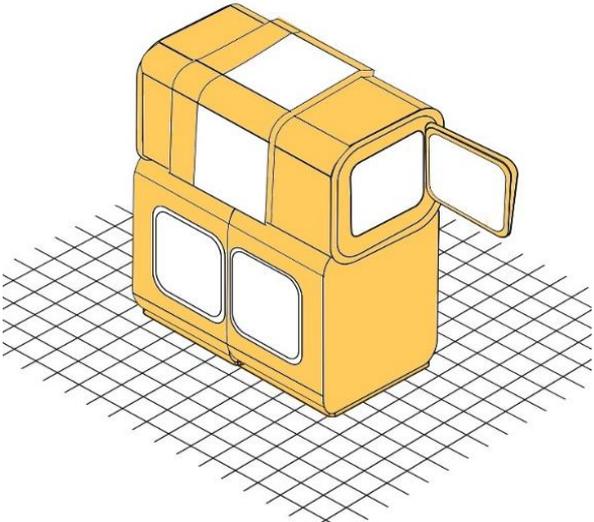
Продолжение таблицы 17

3		<p>Тип конструкции: моноблок.</p> <p>Тип стилизации: Асимметричные пропорции. Представляет собой прямоугольную закрытую форму.</p> <p>Композиционное решение: область, выделенная желтым цветом, определяет образность конструкции. Белый цвет визуально акцентирует область взаимодействия оператора с объектом.</p>
4		<p>Тип конструкции: моноблок.</p> <p>Тип стилизации: Лаконичные пропорции. Представляет собой неправильную n-образную закрытую форму.</p> <p>Композиционное решение: область, выделенная желтым цветом, определяет целостность конструкции. Белый цвет визуально акцентирует область взаимодействия оператора с объектом.</p>
5		<p>Тип конструкции: моноблок.</p> <p>Тип стилизации: Статичные разноуровневые пропорции. Представляет собой неправильную прямоугольную закрытую форму.</p> <p>Композиционное решение: область, выделенная желтым цветом, определяет целостность конструкции. Белый цвет визуально акцентирует область взаимодействия оператора с объектом.</p>

Продолжение таблицы 17

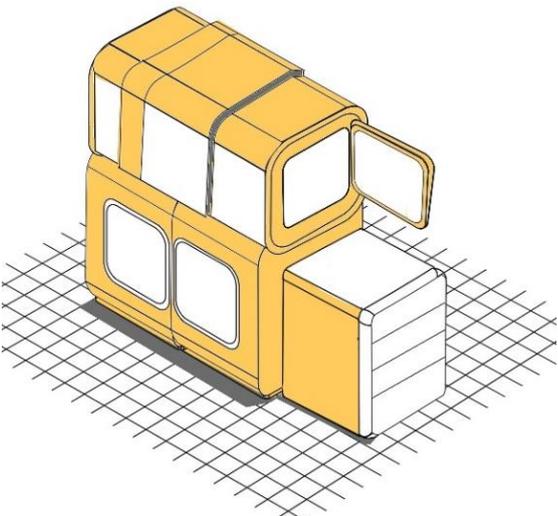
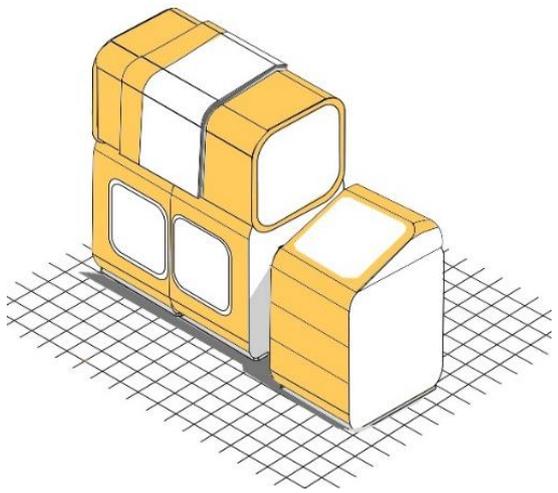
6		<p>Тип конструкции: моноблок.</p> <p>Тип стилизации: Прямолинейные, пропорции. Представляет собой правильную прямоугольную закрытую форму.</p> <p>Композиционное решение: область, выделенная желтым цветом, определяет цельный образ. Белый цвет визуально акцентирует область взаимодействия оператора с объектом.</p>
7		<p>Тип конструкции: мультиблок.</p> <p>Тип стилизации: Полукруглая возвышенная пропорция. Представляет собой прямоугольную, закрытую форму.</p> <p>Композиционное решение: Визуально акцентирует тоновый контраст рабочей зоны.</p>
8		<p>Тип конструкции: мультиблок.</p> <p>Тип стилизации: коробковая пропорция (высокое значение округления фаски). Представляет собой плавную прямоугольную открытую форму.</p> <p>Композиционное решение: Белый цвет визуально акцентирует область взаимодействия оператора с объектом.</p>

Продолжение таблицы 17

9		<p>Тип конструкции: мультиблок.</p> <p>Тип стилизации: коробковая пропорция (незначительное округления фаски). Представляет собой статичную, прямоугольную открытую форму.</p> <p>Композиционное решение: Область, выделенная желтым цветом, определяет целостность конструкции.</p>
10		<p>Тип конструкции: моноблок.</p> <p>Тип стилизации: коробковая пропорция (высокое значение округления фаски). Плавная, прямоугольная закрытая форма.</p> <p>Композиционное решение: Композиционным центром выступает белый цвет. Также визуально акцентирует тоновый контраст рабочей зоны.</p>
11		<p>Тип конструкции: моноблок.</p> <p>Тип стилизации: коробковая пропорция (высокое значение округления фаски). Статичная, прямоугольная открытая форма.</p> <p>Композиционное решение: Область, выделенная желтым цветом, определяет целостность конструкции. Белый цвет визуально акцентирует</p>

		область взаимодействия оператора с объектом.
--	--	--

Продолжение таблицы 17

12		<p>Тип конструкции: Мультиблок.</p> <p>Тип стилизации: Коробковая пропорция (высокое значение округления фаски). Представляет собой статичную, прямоугольную открытую форму.</p> <p>Композиционное решение: Область, выделенная желтым цветом, определяет статичность конструкции. Белый цвет визуально акцентирует область взаимодействия оператора с объектом.</p>
13		<p>Тип конструкции: Мультиблок.</p> <p>Тип стилизации: Коробковая пропорция (высокое значение округления фаски). Представляет собой блочную, открытую форму.</p> <p>Композиционное решение: Область, выделенная желтым цветом, определяет статичность конструкции. Также визуально акцентирует tonal contrast of the working area.</p>

Поиск художественной формы и конструктивного решения разрабатываемого устройства является творческим процессом, и оптимальный вариант может быть найден только при учете всех требований и предложений, которые выдвигают инженер-конструктор и промышленный дизайнер.

С целью выбора выразительного образа, наиболее соответствующего требованиям к проектируемой установке (требования приведены в главе 1), было

произведено экспертное оценивание представленных выше вариантов с привлечением четырех сотрудников научно-производственной фирмы, специализирующейся на производстве технологического оборудования. Каждый сотрудник произвел оценивание данных вариантов по четырем критериям по пятибалльной шкале, после чего было вычислено среднее арифметическое значение оценки для каждого образа по каждому из критериев.

По результатам оценивания наивысший средний балл по всем критериям пришелся на 13-ый вариант выразительного образа (таблица 18), который и был взят за основу в дальнейшем.

Таблица 18 – Итоги экспертного оценивания вариантов выразительного образа

Вариант образа	Средний балл по критериям			
	Надежность конструкции	Безопасность	Удобство при эксплуатации	Эстетичный внешний вид
1	4,3	3,5	3,8	4,9
2	4,5	4,8	3,9	3,8
3	4,1	4,5	4,5	4,3
4	3,8	4,6	4,6	4,4
5	3,9	3,9	4,0	4,6
6	3,6	4,9	4,6	4,5
7	3,7	4,8	3,8	3,9
8	4,5	4,5	3,6	4,1
9	3,5	3,9	3,5	4,3
10	4,7	3,7	4,4	4,8
11	3,8	3,6	4,3	4,8
12	4,6	4,8	4,6	4,6
13	4,9	5,0	4,8	5,0

Итак, по результатам проведенного экспертного оценивания предложенных выше вариантов образа проектируемой установки, с учетом выявленных в главе 1 требований к ней, был выбран наилучший вариант – конструкция типа «мультиблок», представляющая собой комплект из двух блоков.

В основание (О) корпуса предлагается поместить защитный экран с целью решить проблему открытой измерительной части конструкции. Экран защищает измерительную часть от грязи и пыли, а оператора – от брызг масла, используемого при испытаниях подшипников.

Модуль управления (МУ) становится отдельным блоком, где устанавливается только автоматизированная система управления, оснащенная специальным программным обеспечением и дополнительной системой хранения. Остальная часть МУ будет располагаться в основании (О) корпуса в нижней части конструкции.

Отметим, что проектное решение будущей установки должно обеспечивать:

- эстетичный внешний вид;
- удобство эксплуатации – безопасность, эргономичность и удобство использования установки;
- удобство при обслуживании и ремонте: свободный доступ ко всем элементам, узлам, блокам, ремонтпригодность и заменимость частей, разборка и сборка при помощи стандартных инструментов;
- удобство транспортировки установки.

### **2.2.1 Предварительное эскизирование**

В данном разделе приведены основные технические характеристики составных частей устройства стенда, исходя из которых были предложены различные эскизные разработки состоящих из 3-х основных этапов, два из них посвящены эскизному поиску объекта устройства стенда и отдельной стойкой управления, третий этап является определяющим и уточняющим по двум объектам.

Первый этап – эскизный поиск устройства стенда. Для этого была составлена схема, которая показывает варианты исполнения элементов относящийся к корпусу устройства (рисунок 21).

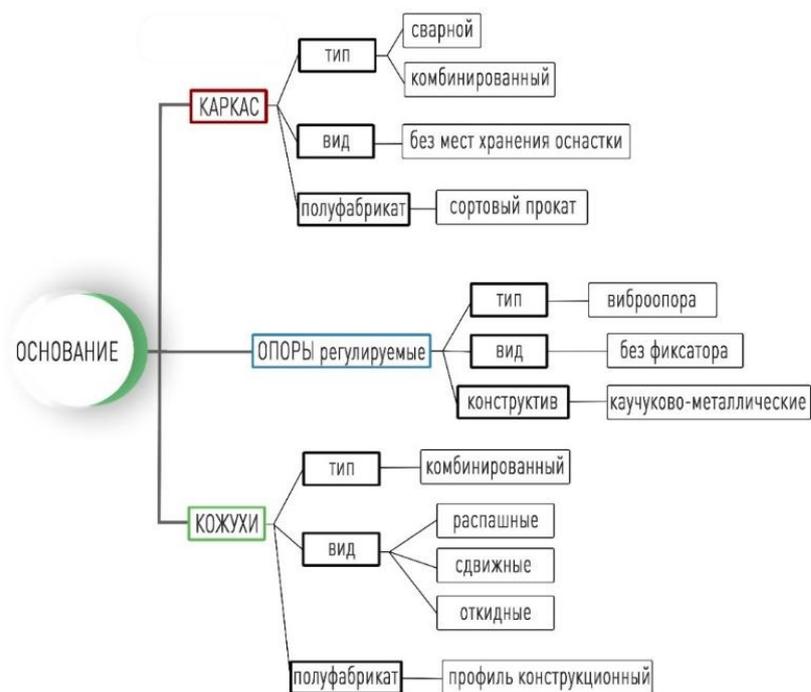


Рисунок 21 – Схема исполнения элементов

Схема показывает структуру частей элементов установки и предлагаемое исполнение.

Эскизная проработка осуществлялась из ранее выбранного концепта. Исходя из этого, на рисунке 21 представлена детальная проработка внешнего вида конструкции корпуса, отличающиеся друг от друга.

Серый цвет выделяет область с которыми непосредственно взаимодействует оператор. Каждый рассматриваемый элемент устройства отмечен цветом: зеленый – защитный экран; желтый – доступ к внутренней части основания станда, синий – лоток; красный – панель управления.

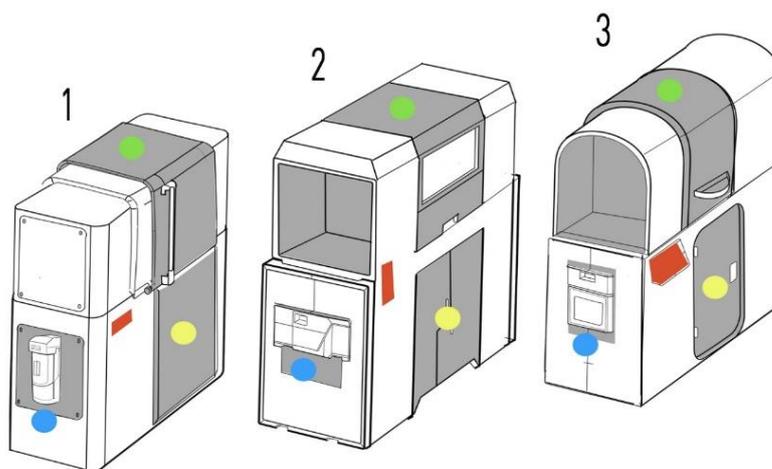


Рисунок 22 – Вариант конструктивного решения Установки

Далее был совершен поиск оптимальной функциональной системы установки защитного экрана, находящегося в блоке измерительной части, (рисунок 23). Серый цвет в данном случае показывает доступ к внутренней части Установки.

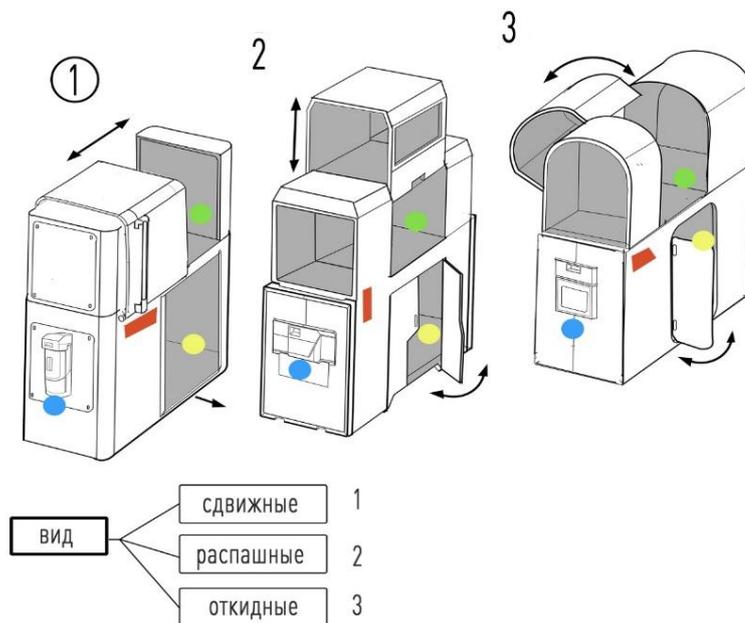


Рисунок 23 – Функциональные особенности установки

На рисунке 22 отмеченным зеленым цветом, можно увидеть три вида положения защитного экрана, иначе говоря кожух, который характеризуется своим способом взаимодействия оператора с ним:

1. горизонтально-выдвижной кожух;
2. вертикально-выдвижной кожух;
3. откидной к кожуху.

С целью выбора оптимального варианта исполнения крышки произведен их сравнительный анализ, представлено в таблице 19.

Таблица 19 – Сравнительный анализ вариантов исполнения защитного экрана (крышки)

Вариант исполнения крышки	Горизонтально-выдвижная	Вертикально-выдвижная	Откидная
Достоинства	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Положение крышки зафиксировано как в открытом, так и в закрытом состоянии и не мешает работе оператора;</li> <li>- Крышка монтируется на износостойчивые рельсовые направляющие</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Положение крышки как в закрытом, так и в открытом состоянии обеспечивает защиту измерительной части от попадания туда посторонних частиц</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Свободный доступ оператора к измерительной части при установке подшипника</li> </ul>
Недостатки	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Один из краев открытой крышки может ограничивать свободу действий оператора при установке подшипника</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Положение крышки не безопасное.</li> <li>- Ограниченность свободы действий оператора при установке.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Откидные петли менее износостойчивы, чем рельсовые направляющие;</li> <li>- Положение крышки не фиксируется</li> </ul>

В результате проведенного анализа было установлено, что наиболее предпочтительным с точки зрения удобства взаимодействия, а также износостойчивости конструкции является первый вариант – горизонтально-выдвижной тип защитного экрана.

Настройка и установка подшипника занимает определенное количество времени. Таких подшипников на предприятии может одновременно находиться в работе несколько тысяч. Можно предположить, что горизонтально-выдвижной тип в меньшей степени будет создавать дополненную нагрузку оператору.

Рисунок 24 обозначенный желтым цветом, показывает варианты исполнения типа боковой крышки обеспечивающий доступ к электропроводящим составляющим стенда, который находится в его основании. Предложенные варианты представляют собой дверцы: с двумя створками. Наиболее подходящим вариантом является наличие не дверцы, а крышки, которая будет крепиться к основанию стенда при помощи болтов. Так как доступ к внутренней части основания стенда не требует частого использования.

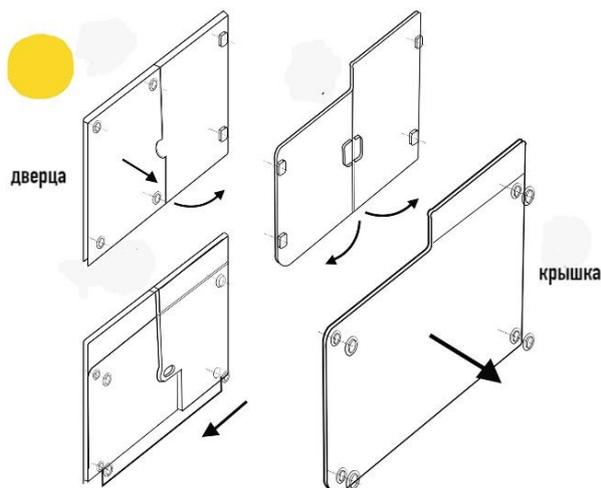


Рисунок 24 – Деталь боковой крышки

Синим цветом показаны варианты исполнения маслосборника, предназначенного для сбора и хранения вытекающего смазочного масла, используемого при тестировании подшипников. Лоток в данном случае имеет свой корпус и является самостоятельной частью, которая устанавливается на боковой стороне основания стенда. Представлены варианты формы корпуса и тип выдвижного контейнера. Наиболее подходящим по форме и функционалу вариант вынесен на рисунке. Его форма позволяет удобно обхватить рукой корпус в случае чистки или установке лотка, также выдвижной лоток может выниматься отдельно для повседневной чистки после рабочего дня (рисунок 25).

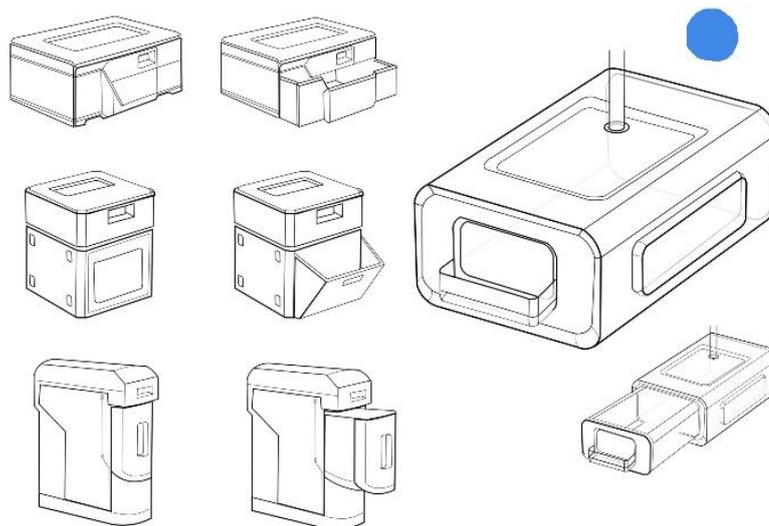


Рисунок 25 – Вариативность маслосборника

Красным цветом представлен вид предлагаемой формы панели управления. Характерной особенностью панели управления является то, что она имеет угол наклона, для максимально продуктивной системы работы оператора.

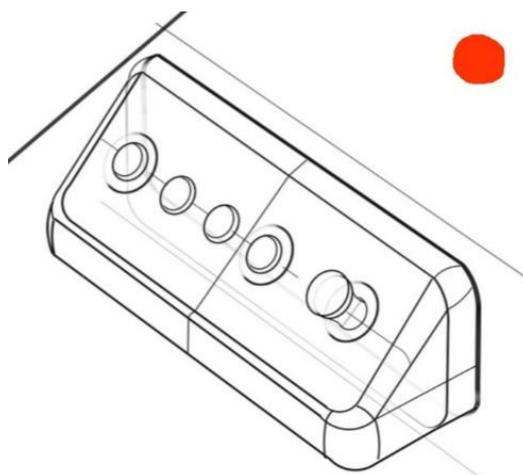


Рисунок 26 – Корпус панели управления

Второй этап – эскизный поиск стойки управления (СУ). СУ является узлом в системе работы и включает в себя поиск общего вида. В данном случае она играет второстепенную роль и рассматривается только в качестве дополняющего объекта, которая тесно связана с устройством стенда. Ниже представлено три варианта, отличающихся друг от друга по форме стойки управления. Представлены варианты формы, показывающие тип высоты стойки и положение монитора под разным углом. Также стойка предполагает дополнительную систему хранения с дверцей и выдвижными ящиками (рисунок 27).

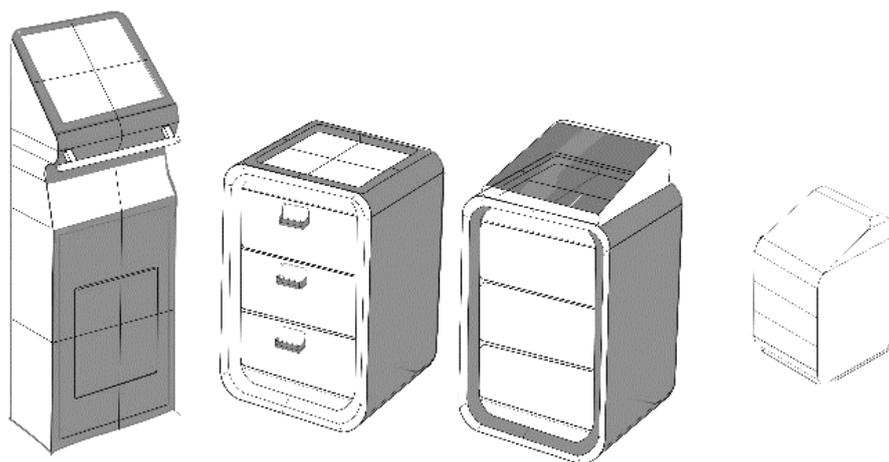


Рисунок 27 – Вариативность стойки управления

Третий этап – является определяющим и уточняющим по двум объектам. Первым является устройство стенда (рисунок 28). Данный вид имеет детальную проработку всех элементов, относящихся к корпусу разрабатываемого устройства.

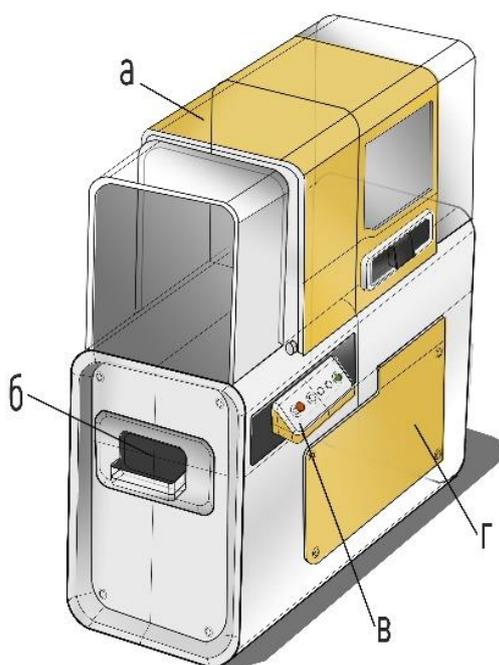


Рисунок 28 – Устройство стенда: а – защитный кожух; б – корпус для лотка; в – панель управления; г – крышка

Ниже представлены части элементов и тип выдвижного кожуха (а). Он защищает оператора от движущихся частей стенда при его работе, а также от разбрызгивания масла, применяемого при испытании подшипников. Рельсовые направляющие устанавливаются по обе стороны боковых кожухов так, чтобы

защитный экран мог передвигаться вдоль них влево и вправо относительно оператора (рисунок 29).

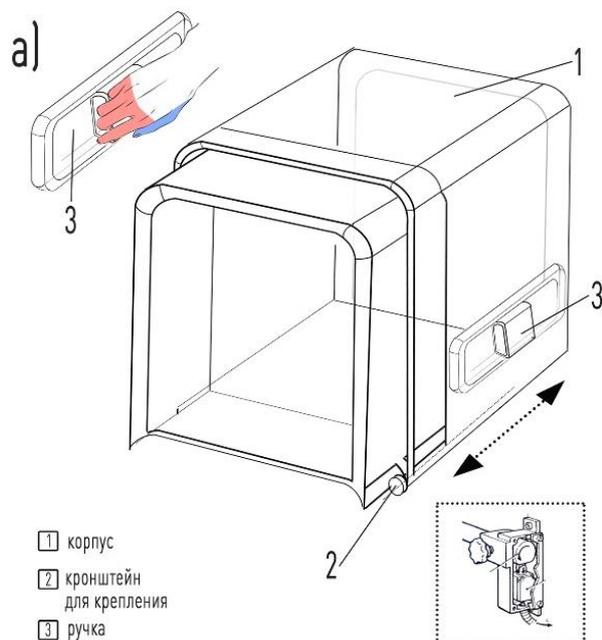


Рисунок 29 – Защитный кожух: 1 – металлический корпус; 2 – рельсовые направляющие; 3 – ручка

Ниже представлен части корпус маслосборника и тип выдвижения лотка (б). Подвижная его часть может полностью выниматься, что облегчает обслуживание и чистку (рисунок 30).

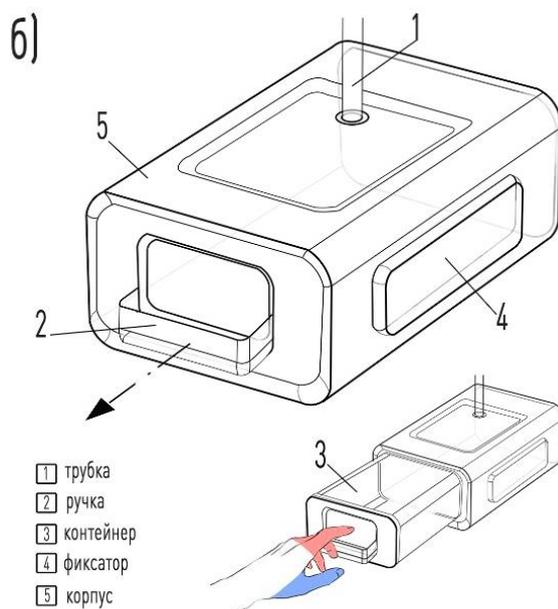


Рисунок 30 – Корпус маслосборника: 1 – трубка; 2 – ручка; 3 – лоток; 4 – фиксатор

На рисунке 31 представлены части элементов панели управления (в). Корпус панели управления устанавливается в основание устройства стенда с боковой стороны.

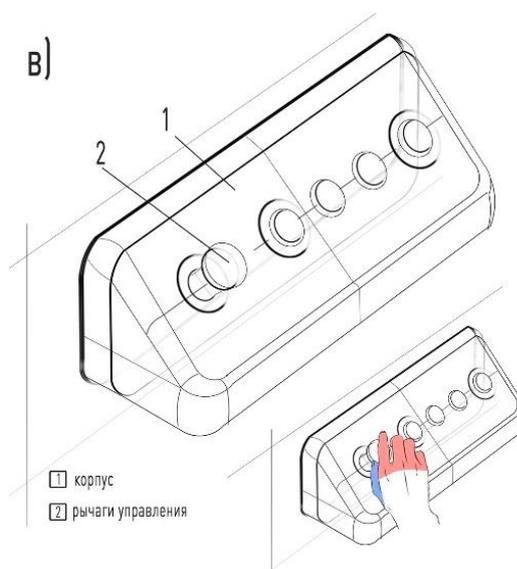


Рисунок 31 – Панель управления: 1 – металлический корпус; 2 – рычаги управления

Ниже представлена деталь боковой крышки (г). Боковая крышка может быть выполнена из металлического профиля. Крышка предоставляет доступ к внутренней части основания. Плотнo прикручивается на болты, тем самым снижая риск вибрации стенда и делает доступ ограниченным. (рисунок 32).

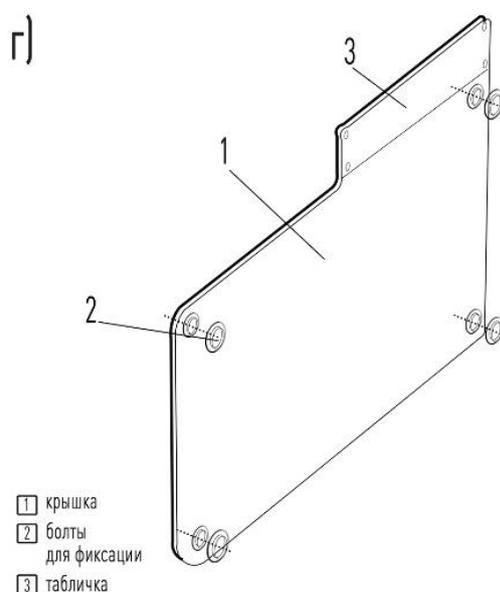


Рисунок 32 – Боковая крышка: 1 – болты для фиксации; 2 – табличка

Вторым объектом является стойка управления (СУ). В верхней части устанавливается производственный монитор. Снизу находится система хранения по типу выдвижных ящиков (рисунок 33).

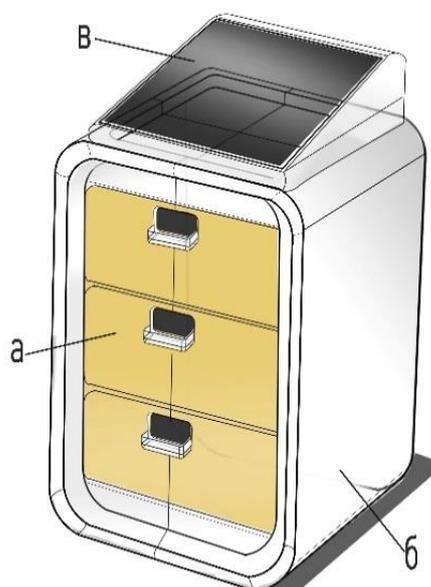


Рисунок 33 – Стойка управления: а – корпус; б – система хранения; в– дисплей

Ниже представлены части элементов и тип выдвижения. Ящик может быть выполнен из металлического профиля. Ручка является стандартным элементом и может быть разной формы (рисунок 34).

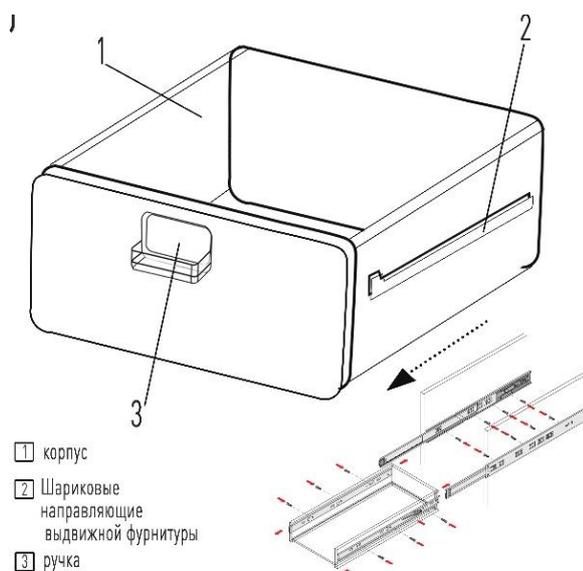


Рисунок 34 – Выдвижной ящик: 1 – стенка боковая; 2 –шариковые направляющие; 3 – ручка

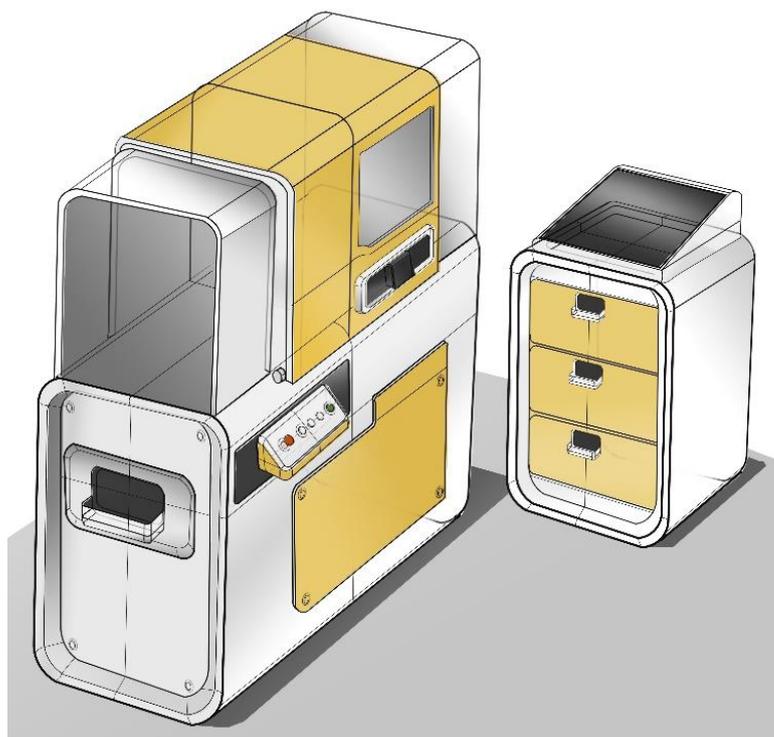


Рисунок 35 – Общий вид установки стенда и стойки управления

Таким образом был выполнен поиск эскизного решения и приведены основные технические характеристики составных частей устройства стенда. По итогу данного раздела утвержден комплект устройства с его функциональными особенностями.

### 2.2.2 Колористическая проработка

В данном разделе рассматривается цветовая проработка и внешний дизайн разрабатываемой установки. Концепция стенда должна соответствовать эстетике данного предприятия\желания заказчика и ассоциироваться с его назначением. Цвет должен ассоциироваться с назначением прибора, также кнопки и рычаги управления должны быть обозначены в соответствии с техническим требованием.

Основным фирменным цветом компании является темно-синий (RGB 4/60/80). На основе него были предложены дополнительные оттенки, соответствующие фирменному стилю предприятия (рисунок 36).

1) белый цвет был выбран в качестве основного в цветовой палитре стенда, поскольку его назначение – показать целостность конструкции.

2) голубой цвет использован для того, чтобы акцентировать зоны взаимодействия оператора с установкой.

3) темно-синий цвет предприятия определяет зоны доступа к внутренним частям установки.



Рисунок 36 – Фирменные цвета компании в дизайне корпуса стенда

Поскольку белый цвет является преобладающим, синий цвет на его фоне способствует визуальному выделению зоны измерительной части (где происходит установка подшипников), делая из нее центр композиции. За счет контраста белого и синего также подчеркивается деление установки на зоны.

Таким образом, колористическая проработка при проектировании корпуса стенда вибрационного контроля была осуществлена на основе фирменного стиля ООО «ТриБоСС». Цветовая палитра и графические элементы, присущие данному стилю, позиционируют эту компанию как открытую для продвижения новых технологий.

### 2.3 Эргономический анализ проектируемой корпусной установки

В данном разделе представлен анализ проектируемой корпусной установки.

При проектировании данного устройства важно понимать, какую роль играют не только его технические характеристики, но и эргономика, удобство

работы с прибором, а также его дизайн: то, как он вписывается в окружающую обстановку, соответствует эстетике предприятия, техническим требованиям и желаниям заказчика. При этом нужно иметь в виду, кто именно будет являться покупателем стенда, а кто – его пользователем и насколько принципиален внешний вид установки для каждого из них.

В частности, для предприятия – потребителя подшипниковой продукции, очевидно, важным будет увидеть, что приобретаемый стенд надежен и отвечает всем современным требованиям, предъявляемым к качеству, функциональности и безопасности. Поэтому каждый элемент его дизайна должен своей формой и даже цветом «сообщать» покупателю об этом, и это «сообщение» должно легко считываться, без дополнительных пояснений. Такой подход позволит конкретному стенду выделиться среди конкурентов и поспособствует тому, чтобы товар, по сути, продавал себя сам.

В процессе проектирование объекта была выполнена 3д модель чернового макета стенда СВК-А (рисунок 37). Модель была сделана в программе 3d max. Конструкция была взята у стенда «ДИАМЕХ». На ее примере изучались конструктивные особенности элементов и эргономические особенности.

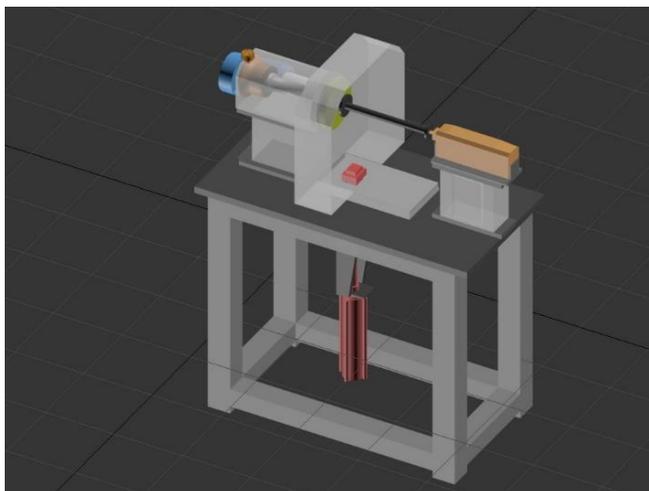


Рисунок 37– Черновой макет основания конструкции стенда  
Основные габариты прототипа стенда СП-180М, разработанный ООО «Диамех»  
содержит следующие элементы:

1) корпус:

- материал: конструкционная углеродистая сталь;

- габаритные размеры: 1080 x 570 x 1400;

2) система управления (шкаф):

- положение экрана, корпус системы;

- материал: оцинкованной сталь

- габаритные размеры: 570 x 335 x 1190.

### 2.3.1 Анализ антропометрических данных

Таблица 20 классифицирует средние показатели на основе действующих мировых стандартов (ГОСТ 12.2.033-78, ГОСТ 17521-72- рост).

Таблица 20 – Показатели роста

Описание		Рост, см	
		Мужчина	Женщина
Средний	Ниже средней	160,0-163,9	149,0-152,9
	Средняя	164,0-166,9	153,0-155,9
	Выше средней	167,0-169,0	156,0-158,9
Высокий	Большая	170,0-179,9	159,9-167,9
	Очень большая	180,0-199,9	168,0-186,9
	Гигантская	От 200 и выше	187,0 и выше

При проектировании оборудования, необходимо учитывать, что удобство эксплуатации должно обеспечиваться для 90% работающих или отдыхающих. Поэтому в практике проектирования чаще используют значения антропометрических признаков, соответствующие 5-му и 95-му перцентилям, а также 50-м.

Форма и функциональные размеры исследуемой предметной среды, ее объемно-пространственных структур неразрывно связаны с размерами и пропорциями тела. Для этого был выполнен самотографический анализ определяющий соотношение пропорций человеческой фигуры, размеров и формы оборудования (рисунок 38).

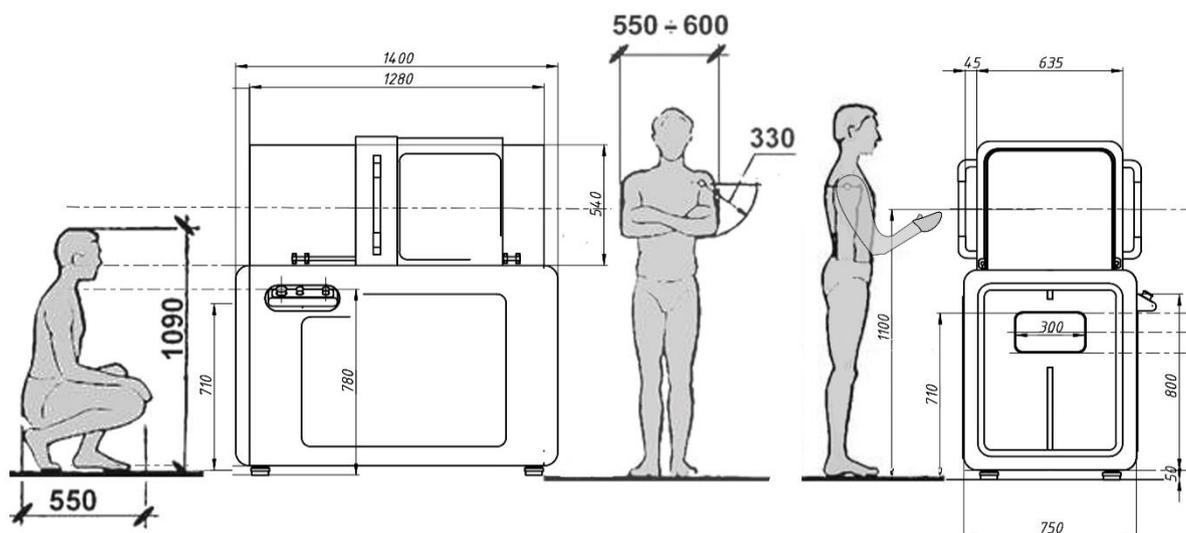


Рисунок 38 – Эргономический анализ устройства стенда

Исходя из классификации роста человека, был выбран среднестатистический рост двух полов – 1700 мм. Далее были определены соотношения всех частей конструкции, соответствующие эргономическим требованиям.

- высота основания от пола до поверхности не более 905 мм;
- высота измерительной части устройства стенда 540 мм;
- высота панели управления не менее 900 мм;
- высота положение лотка от пола 550 мм;
- Высота дверная ручка 1005 мм

Органы управления и функционально связанные с ними индикаторы необходимо располагать вблизи друг друга функциональных групп таким образом, чтобы орган управления или рука оператора при манипуляциях с ним не закрывала индикатора. При этом органы управления должны располагаться в соответствии с последовательностью действий, выполняемых оператором.

Панель управления имеет оптимальный угол наклона 30 градусов, для максимально продуктивной системы работы оператора.

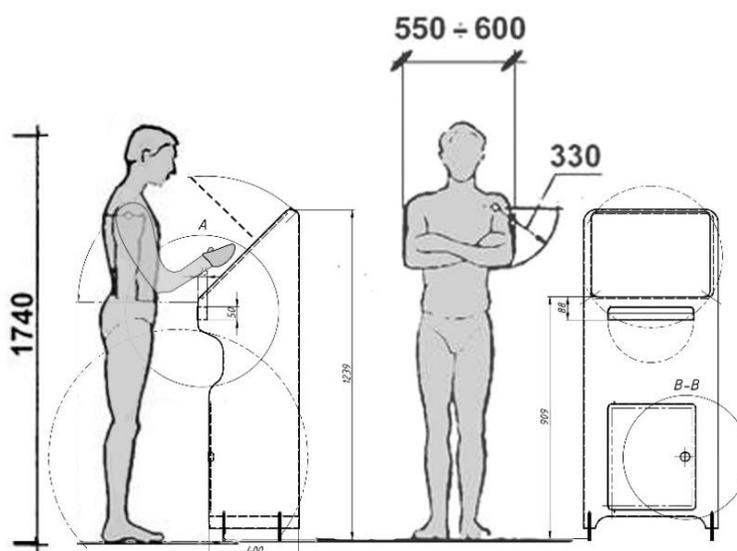


Рисунок 39 – Эргономический анализ стойки управления

Максимальная высота размещения индикаторов (Промышленного монитора) 1750 мм (рисунок 39). Эргономический анализ стойки управления должен учитывать высоту размещения органов управления, максимальная высота – 1800 мм. Оптимальный угол наклона дисплея 45 градусов, для продуктивной системы работы оператора.

## 2.4 Подбор стандартных деталей

В процессе предварительного эскизирования было выявлено, что в составе проектируемой установки имеют место стандартные детали, описанные ниже.

1. рельсовые направляющие. Данная деталь необходима для обеспечения подвижности защитного экрана. В нашем случае применяются цилиндрические направляющие по причине минимальных требований к поверхности, на которую они устанавливаются, простоты монтажа и доступности технического обслуживания. Для проектируемой установки были выбраны направляющие SBR диаметром 12 мм, представлено на рисунке 40. Они изготовлены из подшипниковой стали ШХ15, обеспечивающей им высокую износостойкость. Их монтаж осуществляется путем укладывания на опорную шину, изготавливаемую из алюминиевого сплава.



Рисунок 40 – Цилиндрические направляющие

2. трубчатая ручка. Для проектируемого стенда выбрана трубчатая ручка, выполненная из цинкового термопластика, армированного стекловолокном для большей прочности и износостойкости, и уголки (2 шт.) из термопластичного мата, (рисунок 41).



Рисунок 41 – Трубчатая ручка

3. сенсорный монитор – это важная деталь системы управления: на него в ходе тестирования подшипников выводятся важные для оператора сведения. Для проектируемой установки был выбран монитор ПУАМА ProLite, оснащенный антивандальной защитой и способный работать в экстремальных условиях. Исходя из размеров МУ был подобран монитор диагональю 24 дюйма (рисунок 42).



Рисунок 42 – Сенсорный монитор

4. виброопоры (4 штуки). С точки зрения установки виброопор более высокого и стабильного качества, а также улучшенных характеристик и

эстетического внешнего вида была выбрана виброопора компании Elesa+Ganter, также состав и размеры (рисунок 43).

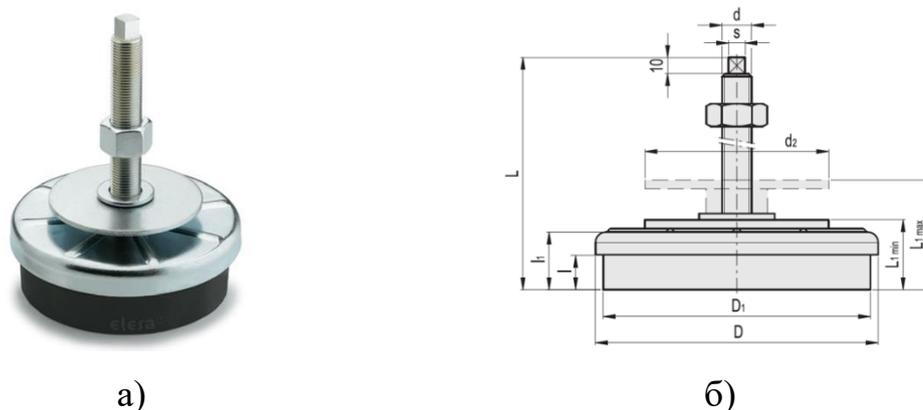


Рисунок 43 – Виброопора LW.A: а – внешний вид; б – состав и размеры

Код	Описание	D	d	D1	L	L1 min+max	l	l1	d2	s	Макс. статическая нагрузка H	Жёсткость [Н/мм]	Макс. отклонение [мм]	$\Delta\Delta$
415111	LW.A-80-M12x1.25x120	80	M12x1.25	72	133	35÷46	18.5	32	60	7x7	5000	2500	2	530

Рисунок 44 – Основные характеристики виброопоры LW.A

5. колесики (4 шт.) необходимы для обеспечения подвижности МУ, т.е. они позволяют переместить и повернуть его в любое удобное для оператора положение. Крепятся, соответственно, к основанию МУ. В нашем случае были выбраны мебельные колесики фирмы «ЗУБР», оснащенные фиксатором для предотвращения нежелательного случайного перемещения МУ по помещению (рисунок 45).

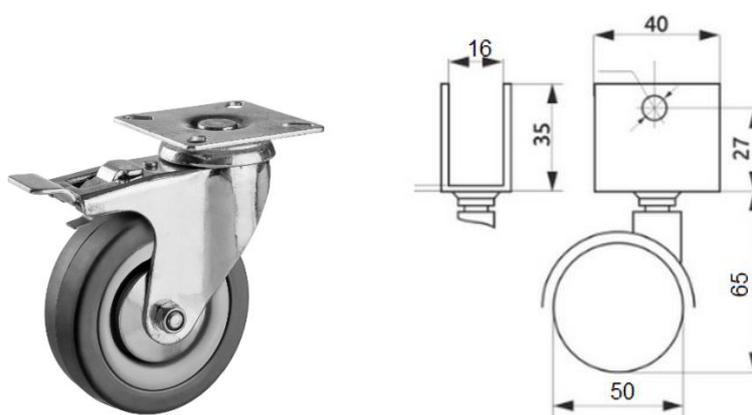


Рисунок 45 – Колесико мебельное с фиксатором

## 2.5 Материалы и технологии изготовления

Несущие части корпуса и каркас, согласно техническому заданию, должны быть выполнены из материала Сталь3 либо конструктивных аналогов, удовлетворяющих требованиям прочности и безопасности (рисунок 46).

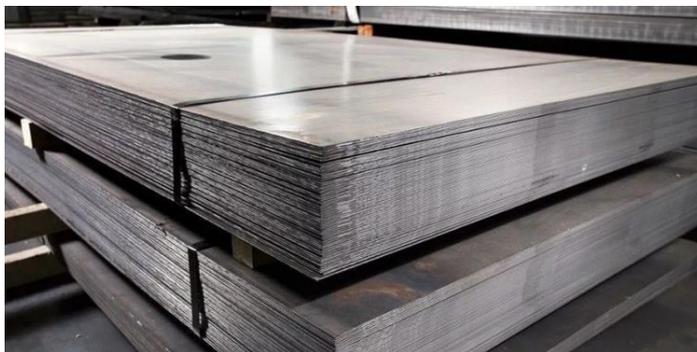


Рисунок 46 – Листы стали Ст3

Конструкционную углеродистую сталь обыкновенного качества Ст3 применяют для изготовления несущих и ненесущих элементов сварных и несварных конструкций, а также деталей, работающих при положительных температурах. Листовой и фасонный прокат 5 категории (до 10 мм) – для несущих элементов сварных конструкций, предназначенных для эксплуатации в диапазоне от -40 до +425 °С при переменных нагрузках.

Механические показатели Ст3:

- предел текучести 205-255 МПа;
- временное сопротивление разрыву 370-490 МПа;
- относительное удлинение 22-26%;
- ударная вязкость: 108 Дж/см<sup>2</sup> при температуре +20°С, 49 Дж/см<sup>2</sup> при температуре -20°С;
- твердость НВ 10-1: 131 МПа.

В изготовлении защитных ограждений (боковых арок) и боковых стенок нижнего блока основания в конструкции установки можно использовать как панели из АБС и МABS-пластика, стандартные прозрачные и перфорированные панели фирмы товар или аналогичные по требуемым характеристикам.

Для производства полимерных изделий эксплуатируются такой тип пластмасс как полипропилен (рисунок 47).



Рисунок 47 –Полипропилен

Смесь АБС с полиамидом (АБС/ПА) выдерживает кратковременное воздействие температуры 180°C, обладает отличными диэлектрическими показателями. Различные элементы хорошо соединяется путем склеивания и спайки. Повышение содержания полиамида увеличивает ударопрочность.

Современная промышленность делает акцент не только на прочные и дешевые материалы, но и на возможность их полной переработки в будущем, если возникнет необходимость. Следует учитывать и требования законодательства, принятые стандарты. Так, закон более лоялен в отношении этого полимера, поскольку он нетоксичен, чего нельзя сказать о многих других разновидностях пластика, плюс, он легко поддается переработке.

Изготовление пластмассовых деталей производится на специальных станках - термопластавтоматах (ТПА), на которые устанавливаются соответствующие деталям пресс-формы. Расплавленный пластик под давлением впрыскивается в формообразующую полость пресс-формы, после чего она охлаждается и раскрывается для извлечения детали.

Материалом для защитного выдвижного экрана, стойки модуля управления (МУ), лотка, служащего для приема смазочного масла, панель управления, учитывая возможности современного станкостроения, корпус установки может быть выполнен из профиля из экструдированного алюминия, имеющего повышенный класс прочности. Поставщики конструкционного

алюминиевого профиля – компания BoschGroup Rexrot, компания ИТЕМ, Alumica.

Экструдированный алюминиевый профиль представляет собой алюминиевые материалы с различной формой поперечного сечения, полученные путем плавки и экструзии алюминиевых стержней. Высокие характеристики прочности и износостойчивости позволяют использовать его в сложных конструкциях и опасных сооружениях, для создания разного рода технологических линий, станков и оснастки, где крайне важна безопасность и надежность. Данный вид профиля выполнен из металла толщиной более одного миллиметра и дополнительно снабжен ребрами жесткости, отвечающими за прочность конструкции на изгиб.

Плотность экструдированного алюминиевого профиля составляет всего  $2,7 \text{ г/см}^3$ , что составляет примерно  $1/3$  плотности стали, меди или латуни ( $7,83 \text{ г/см}^3$  и  $8,93 \text{ г/см}^3$  соответственно). В большинстве условий окружающей среды, включая воздух, воду (или рассол), нефтехимическую и многие химические системы, алюминий обладает отличной коррозионной стойкостью.

Преимущества изделий из алюминиевого профиля перед стальными:

1. точность привязки деталей конструкций;
2. снижение времени сборки (сокращается время поставки конечному потребителю);
3. не требуется последующая обработка изделия (не требуется исправлять погрешность геометрии профиля, возникающую в процессе сварочных работ; не требуется обработка сварных швов, грунтовка и покраска изделия);
4. возможность внесения изменений в конструкцию после ее сборки;
5. возможность регулировки отдельных элементов конструкции без применения механической обработки после сборки конструкции.

Стоимость алюминия можно сопоставить со стоимостью нержавеющей стали, основной присадкой в которой выступает хром. Недостатком, алюминиевых шкафов является то, что этот металл не очень хорошо переносит воздействие высоких температур.

Таблица 21 – Технические характеристики экструдированного алюминиевого профиля элемент MB Building Kit System [34] или конструктивного аналога

№ п/п	Основные типоразмеры алюминиевого профиля 5 серии	m, кг/м	I, см <sup>4</sup>	W, см <sup>3</sup>	It, см <sup>4</sup>	Ix, см <sup>4</sup>	Iy, см <sup>4</sup>	Wx, см <sup>3</sup>	Wy, см <sup>3</sup>
1	Алюминиевый профиль 20x20	0,48	0,72	0,72	0,13				
2	Алюминиевый профиль 20x20 1N	0,50			0,20	0,74	0,77	0,74	0,74
3	Алюминиевый профиль 20x20 2N180	0,51			0,32	0,74	0,82	0,74	0,82
4	Алюминиевый профиль 20x20 3N	0,50				0,80	0,77	0,80	0,76
5	Алюминиевый профиль 40x20	0,89			0,97	1,41	5,14	1,41	2,57
6	Алюминиевый профиль 40x20 2N180	0,91			1,11	1,40	5,46	1,40	2,73

7	Алюминиевый профиль 40x40	1,39	9,30	4,65	5,42				
8	Алюминиевый профиль 60x20	1,28			1,54	2,06	16,09	2,06	5,36
9	Алюминиевый профиль 60x40	2,07			8,15	13,52	28,40	6,76	9,09
10	Алюминиевый профиль 80x20	1,67			2,38	2,72	36,08	2,72	9,02

## 2.6 Итоговая концепция

В данном разделе представлен итоговый вариант эскизного решения корпуса устройства стенда и стойки управления. Решение встроить защитный выдвижной кожух было принято с целью решить проблему открытой измерительной части. Защитный кожух может быть оснащен щитом из стали и монтироваться на корпусе стенда. Было предложено сделать выдвижной кожух частичного выдвижения. Полное выдвижение означает, открытой доступ установки подшипника, без какого-либо перекрытия.

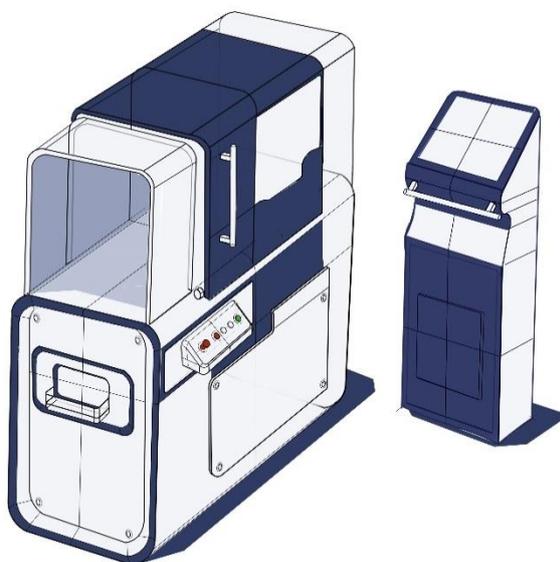


Рисунок 48 – Итоговая концепция устройства стенда

Наиболее удобным для горизонтального перемещения экрана является вертикальное положение ручки. Трубчатая форма была выбрана из соображения комфорта оператора при обращении с ней.

## 2.7 Выводы по второй главе

В рамках проведенной работы, описанной в данной главе, было найдено оптимальное решение для конструкции стенда и стойки управления (при помощи комбинаторного метода), проработана концепция дизайна установки, найдены составные части, относящиеся к устройству, выявлено его цветовое решение. Далее проведен анализ эргономических особенностей устройства, подобраны стандартные комплектующие для него, а также материалы для стенда

и технологии его изготовления. Результатом работы стала итоговая концепция корпуса устройства стенда и стойки управления.

## **3 Разработка художественно-конструкторского решения**

### **3.1 Трехмерное моделирование**

В данном разделе изложены данные о проделанной работе по созданию 3д-модели проектируемого устройства.

В ходе разработки использовались САПР-программы – системы автоматизированного проектирования. Разрабатывая промышленное оборудование, наиболее подходящими являются САПР-программы, такие как: Autodesk Inventor [35], SolidWorks [36]. Разработка художественно-конструкторского решения и последующего рендера корпуса была выполнена в программе конструкторского моделирования SolidWORKS.

#### **3.1.1 Черновое моделирование**

Черновое моделирование позволяет оценить визуальный образ объекта в трехмерном пространстве, отредактировать конструкцию изделия, подобрать материал. Исходя из эскизов, где были найдены и определены все составные части, относящиеся к устройству стенда и их функциональных особенностей, учитывалось при проектировании модели.

Черновая модель в первую очередь определялась через поиск общей формы и соотношение размеров всех моделей конструкции и элементов устройства (рисунок 49). Модель содержит устройство стенда и стоку управления.



Рисунок 49 – Черновая модель устройства стенда и стойки управления

Важно учитывать, что основание, на котором держится вся конструкция – металлический каркас. Сверху устанавливается через виброгасящие проставки монтажная плита. Толщина монтажной плиты 25 мм. Минимальная толщина монтажной плиты (габаритные размеры плиты 1000x600 мм) из материала Ст 3 ГОСТ 380-2005 (рисунок 50) [37]. Стоит каркас на виброопорных ножках, а стойка управления на колесах с фиксатором, высота должна быть в пределах 100 мм.

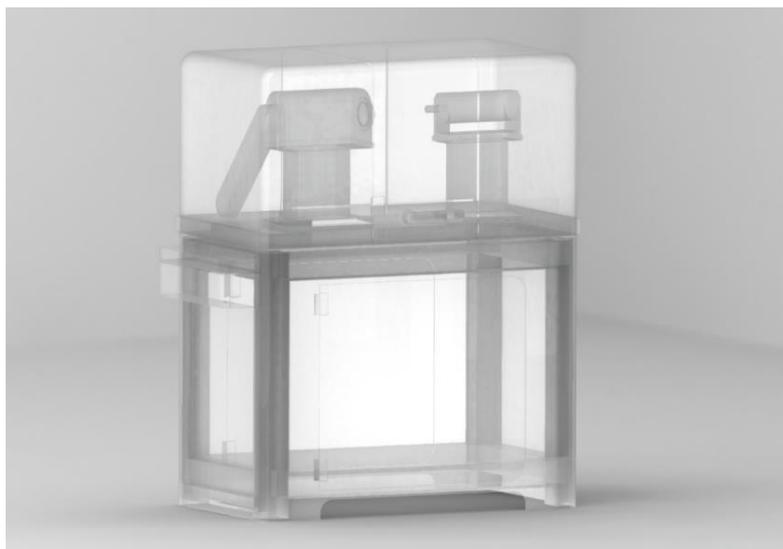


Рисунок 50 – Размещение общей конструкции корпуса в основании каркаса

Общие габаритные размеры модели (Длина x Ширина x Высота), мм:

- стойка управления: 500 x 400 x 1200;
- устройство станда: 1080 x 570 x 1400;
- выдвижной кожух: 358 x 580 x 560;
- дверной проем боковых сторон основания каркаса: 702 x 3 x 630;
- высота от пола панели управления: 801 мм;
- высота от пола установки лотка: 600 мм;

Также, черном варианте было предложено сделать цельный выдвижной кожух, с целью решить проблему открытой измерительной части. Оснащен полукруглым стальным экраном, регулируемым по размеру выступа токарного патрона станка. Защитный кожух оснащен щитом из стали и монтируется на корпусе станка (рисунок 51).

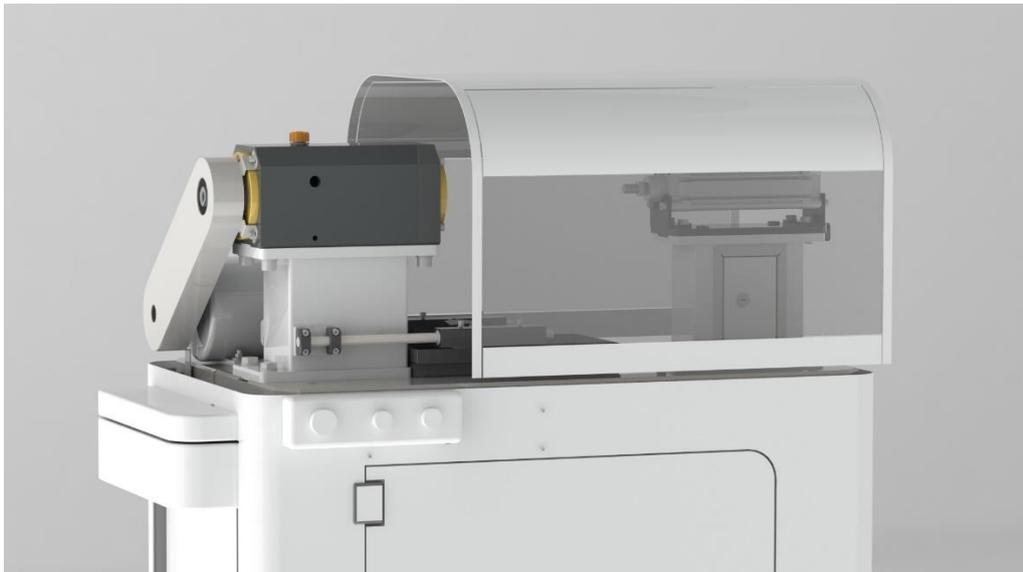


Рисунок 51 – Вариант формы защитного кожуха

Черновое моделирование выявило ряд недостатков, таких как:

- ширина выдвижного кожуха слишком узкая и перекрывает важные зоны уставной подшипника;
- определение высоты основания корпуса следует учитывать с учетом встраиваемых в несущий каркас виброопоры, так как они добавляют высоту.
- стойка управления по ширине имеет узкую ширину, что может препятствовать ее передвижению.
- внешний вид не соответствует итоговому эскизному решению.

### 3.1.2 Итоговая модель

Финальный этап 3д-модели станда СВК-А включил в себя доработку внешнего вида его функциональных, эргономических особенностей корпуса устройства и стойки управления. Был изменен внешний вид и сборочная конструкция корпуса станда.

Учитывая найденные недостатки в черном моделировании было решено увеличить габариты корпусной установки, вместе с ним и увеличивается конструкция металлического каркаса. Для того чтобы добиться плавной формы, делались фаски диамантом 60 мм.

Колористическая проработка в итоговой модели была осуществлена на основе фирменного стиля ООО «ТриБоСС». Цветовая палитра и графические элементы, присущие данному стилю, позиционируют эту компанию как открытую для продвижения новых технологий (рисунок 52).

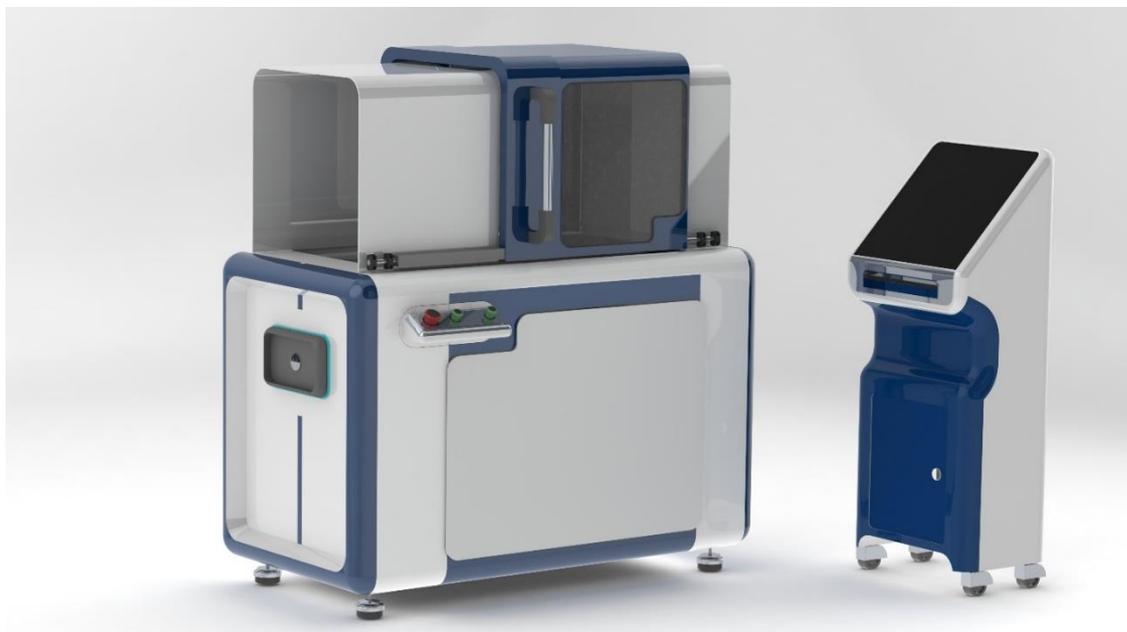


Рисунок 52 – Разбор верхней части основания станда

Была решена проблема к доступу измерительной части (рисунок 53). Общие габаритные размеры модели (Длина x Ширина x Высота), мм:

- устройство станда: 1430 x 860 x 1500;
- выдвжной кожух: 640 x 860 x 560 (рисунок 52).

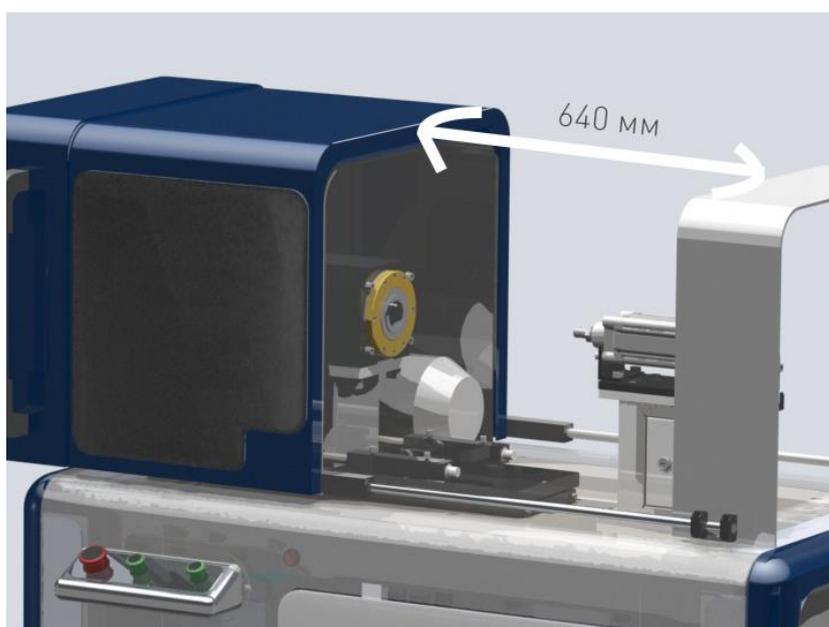


Рисунок 53 – Функция открытия крышки

Функция кожуха – выдвижная. Вид – -комбинированный. Конструкция может быть выполнена из листового металла и монтироваться на основание стенда. Также, на кожухе предусматриваются боковые окна, чтобы видеть зону испытательных операций.

На выдвижной кожух по обе стороны устанавливается стандартная ручка вертикального положения, длина которой составляет 430 мм. Рельсовые направляющие устанавливаются также по обе стороны боковых кожухов так, чтобы защитный экран мог передвигаться вдоль них влево и вправо относительно оператора (рисунок 51).

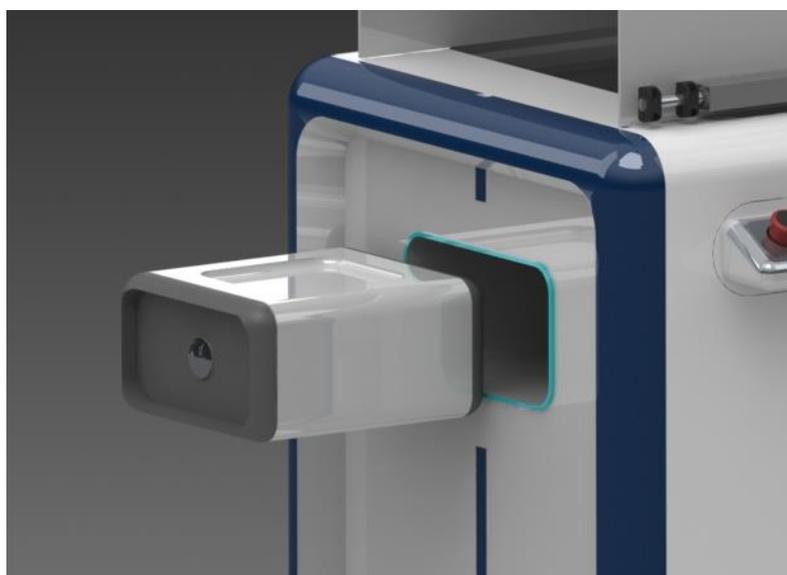


Рисунок 54 – Установка лотка

Корпус для лотка устанавливается и фиксируется на боковой стороне основной стенда на высоте от пола 600 мм. Корпуса может быть выполнен из пластикового профиля, а сам лоток из металлического. В верхней части корпуса имеется выступ, куда устанавливается трубка (рисунок 55). Также, при удобном вынимании металлического отсека есть углубление под захват пальцами. Общие габаритные размеры модели (Длина x Ширина x Высота), мм: 330 x 300 x 170.

Стойка управления была изменена по Дополняющим объектом является стойка управления. Данный вид предполагает стойку, выполненную из металлического профиля, где в верхней части устанавливается производственный монитор. Была решена проблема с перемещением данной стойки, ширина теперь составляет 450 мм, что делает стойку более устойчивой. Снизу находится система хранения. С

передней стороны под производственным монитором находится углубление для захвата пальцами, с помощью которой и будет перемещаться установка (рисунок 55).



Рисунок 55 – Установка лотка

Ниже представлен разбор составных частей устройства в верхней измерительной части стенда (рисунок 56).



Рисунок 56 – Сборочный вид верхней измерительной части стенда

Также, представлен сборочный вид в нижней части основания стенда (рисунок 57).

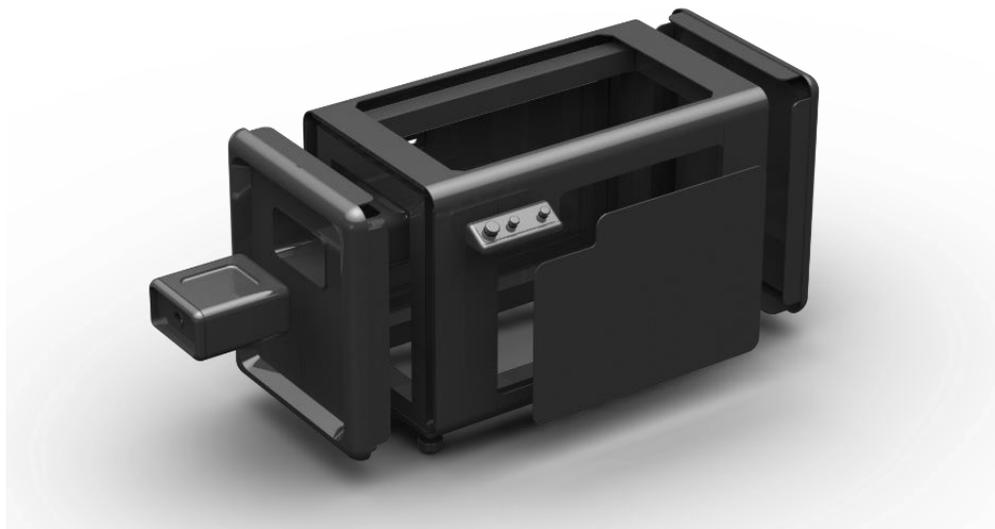


Рисунок 57 – Сборочный вид в нижней части основания стенда

### 3.2 Подготовка конструкторской документации

Одним из самых важных этапов проектирования является грамотное и точное оформление конструкторской документации. К ней относятся чертежи, спецификация, взрыв-схема. Чертежи были созданы в программном продукте Autodesk Inventor. Данное программное обеспечение позволяет получать более точные чертежи в отличие от Fusion 360, а также позволяет экспортировать документацию в формате PDF.

Для создания чертежа в Autodesk Inventor необходимо наличие 3d модели или сборки. Модель переводится в плоскостные изображения, которые являются проекциями 3-х сторон (фронт, профиль, горизонт) [38]. При необходимости имеется возможность добавления других проекций и изометрического изображения. Все необходимые для чертежа детали будут тесно связаны с моделью. При доработке модели, так же изменения будут видны и на чертеже. После получения необходимых видов, наступает процесс пояснения, а именно проставление необходимых размеров, разрезов и других обозначений.

После создания чертежей проектируемого оборудования, составляется спецификация. Спецификация – определяет состав сборочной единицы, комплекса и необходима для изготовления, комплектования конструкторской

документации и планирования запуска в производство проектируемого продукта [38].

Вся конструкторская документация представлена в **приложении А**.

### 3.3 Подготовка презентационного материала

#### 3.3.1 Создание планшета

Для создания качественной визуализации требуется настроить представление материалов объекта, выставить источники света, подобрать необходимые настройки сцены. Итоговый рендер устройства представлен ниже (рисунок 63). Размеры из изображения рендера 3840 x 2160 – это 4К, он делает большой файл.

Для создания непосредственно планшета была использована программа Adobe Photoshop [39]. Для начала работы был создан файл с необходимыми настройками размера, цветовой модели, разрешения. Далее была построена сетка из направляющих (рисунок 58).

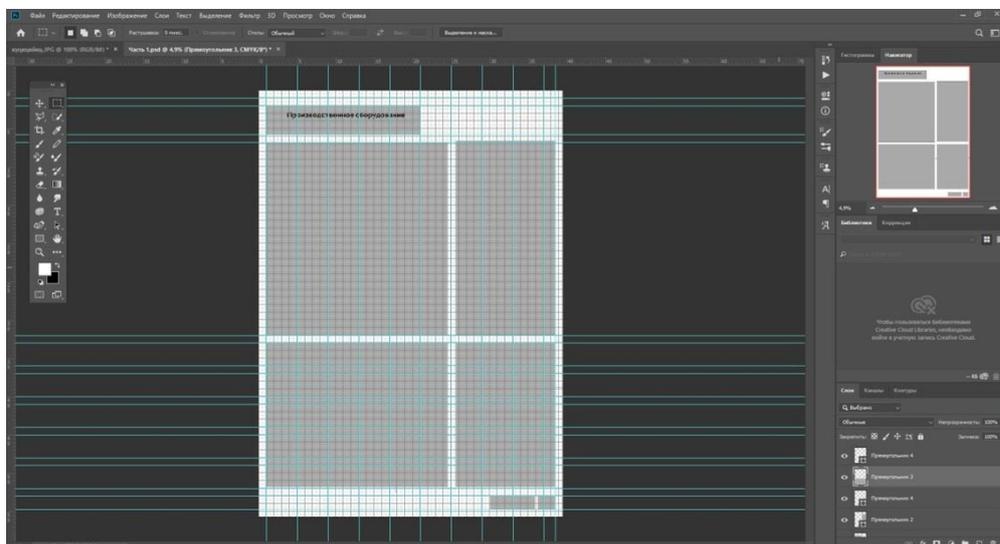


Рисунок 58 – Сетка из направляющих

Сетка необходима для того, чтобы наметить расположение основных блоков, выровнять расположенные на планшете объекты относительно друг друга, а также обеспечить необходимые отступы от границ планшета.

Далее были добавлены изображения устройства, расположенные с учетом будущих блоков (рисунок 59), а также текстовая информация.

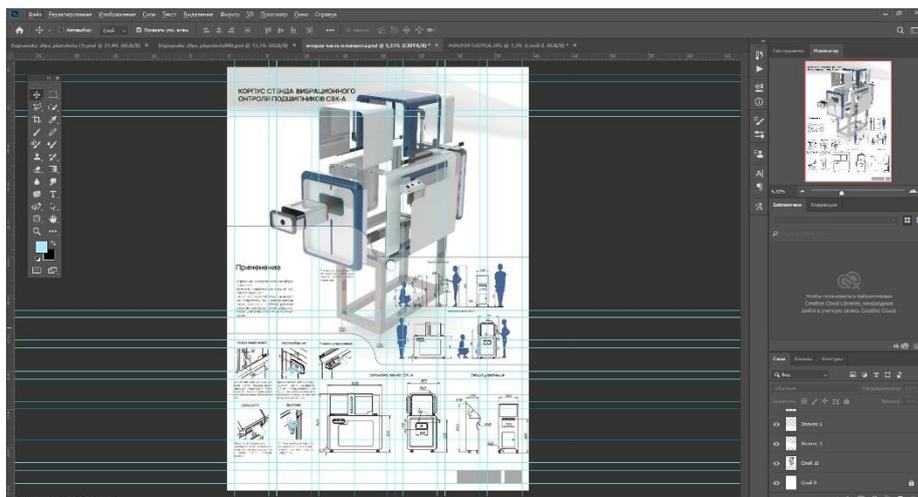


Рисунок 59 – Добавление изображений стенда на планшет

На планшете изображаются основные и дополнительные визуализации объекта, описание проекта и вспомогательная информация, чертежи, возможные цветовые решения, взаимодействие с объектом и эргономика.

Также на планшете был размещен логотип компании ООО «ТриБоСС» (рисунок 60).

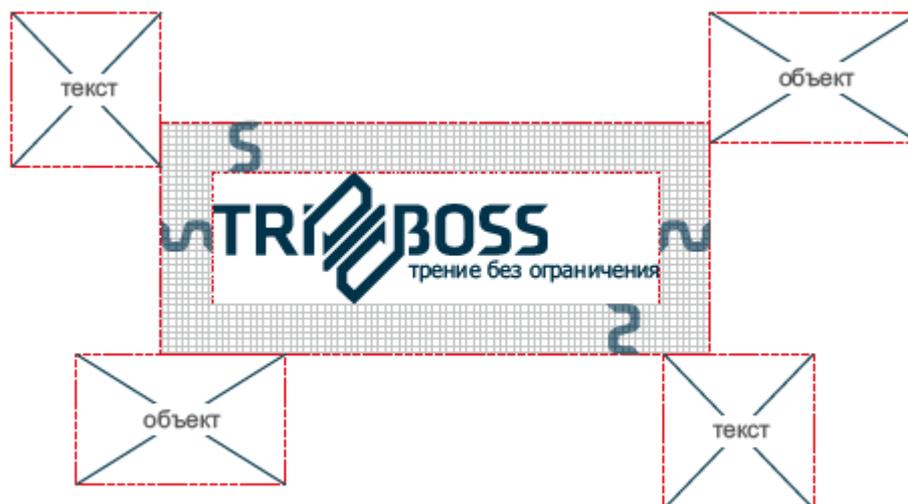


Рисунок 60 – Логотип ООО «ТриБоСС»

Итоговый вариант планшета, выполненный с учетом сетки и размещения блоков, представлен в приложении Б.

### 3.3.1.1 Подбор шрифтов

Для основного текста и заголовков планшета был выбран шрифт Manrope (рисунок 61).

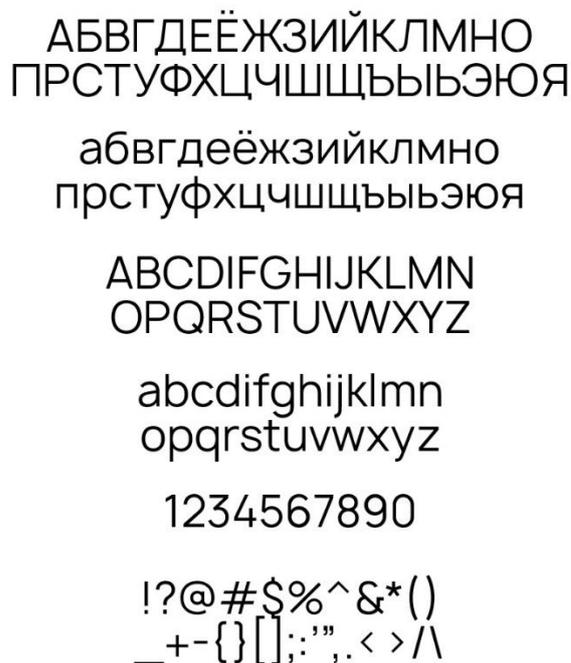


Рисунок 61 – Шрифт для планшета

### 3.3.1.2 Подбор цветового решения

Цветовое решение для презентационного материала для ВКР должен соответствовать или гармонировать с основным цветом объекта. В нашем случае были использованы оттенки фирменных цветов предприятия, в частности, синих и голубых тонов, которые использованы и в цветовом решении разработанного корпуса стенда вибрационного контроля.

### 3.3.2 Макетирование

Макет разрабатываемой корпусной установки был создан с использованием аддитивной технологии 3D-печати. Макет представляет собой уменьшенную модель итогового объекта (рисунок 63). Время печати элемента стойки управления составило порядка 3 часов. Время печати второго элемента – порядка 12 часов. Макетирование необходимо для наглядной демонстрации

конструкции объекта, его особенностей и некоторых элементов функционала. Материал для изготовления макета может быть любым, в нашем случае был выбран пластик. Печать производилась с использованием технологии послойного наплавления. Она заключается в том, что материал в форме нити, изначально намотанной на катушку, подается в экструзионное сопло, в котором нагревается и далее в расплавленном виде выдавливается на поверхность. Сопло имеет функцию активации и дезактивации подачи материала и перемещается в горизонтальном и вертикальном направлениях. Выдавленный материал быстро застывает, и таким образом слой за слоем формируется будущий трехмерный объект [40].

В данной технологии чаще всего применяются пластмассовые нити двух видов: ABS (акрилонитрилбутадиенстирол) [41] и PLA (полилактидная кислота) [42]. Можно применять и другие материалы с разными свойствами: от нитей с древесными волокнами до гибких материалов и даже проводников [43].

Процесс печати трехмерного макета показан на рисунке 61.

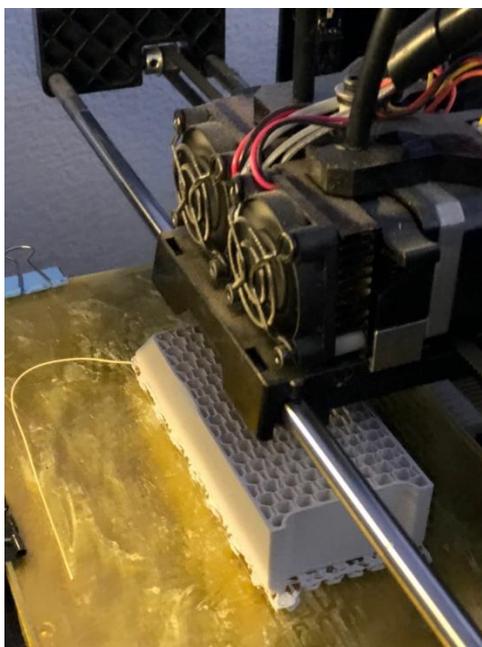


Рисунок 62 – Печать макета на 3D-принтере

Фотография готового макета представлена на рисунке 62.

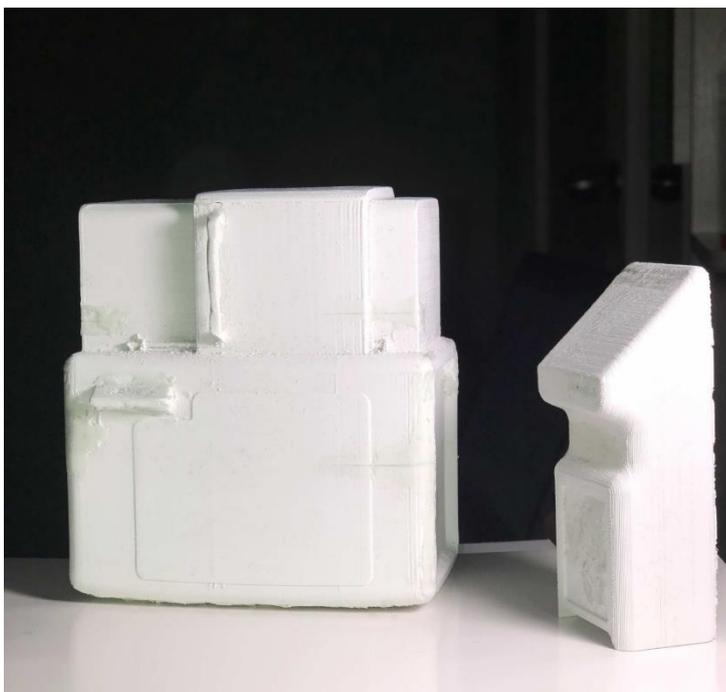


Рисунок 63 – Готовый макет корпуса стенда и стойки управления

В дальнейшем была осуществлена покраска макета в соответствии с цветовым решением, разработанным на этапе колористической проработки (подраздел 2.2.2). Преобладающим цветом является белый, который подчеркивает целостность конструкции. Темно-синий цвет обозначает зоны доступа к внутренним частям установки, а также выделяет зону измерительной части как центр композиции. За счет контраста этих двух цветов визуально подчеркивается деление установки на зоны. Голубой цвет использован для акцентирования зон взаимодействия оператора с установкой.

### **3.4 Выводы по третьей главе**

В данной главе описана разработка художественно-конструкторского решения для проектируемого в работе корпуса стенда. Произведено черновое и чистовое трехмерное моделирование корпуса и стойки управления, разработана конструкторская документация (к ней относятся чертежи, спецификация, взрыв-схема). Также подготовлены презентационные материалы: планшет и трехмерный макет проектируемой установки.

## **4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

Цель данной главы состоит в оценке эффективности исследования.

Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований;
- определение возможных альтернатив проведения научных исследований, отвечающих современным требованиям в области ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно-исследовательских работ;
- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, эффективности исследования.

### **4.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с точки зрения ресурсоэффективности и ресурсосбережения**

#### **4.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования**

В первую очередь, необходимо определить, кто будет использовать в своей деятельности разрабатываемую в данной работе установку. Другими словами, следует выявить целевой рынок и произвести его сегментирование, т.е. разделить будущих потребителей на однородные группы.

Разрабатываемым объектом в данной работе является корпус стенда вибрационного контроля подшипников качения. Наибольшую важность такой стенд имеет для предприятий – потребителей подшипниковой продукции, поскольку от качества поставляемых туда подшипников во многом зависит срок службы механического оборудования. Отсюда следует, что покупателями в нашем случае являются специалисты, отвечающие за комплектацию таких предприятий необходимым оборудованием, а конечными потребителями – операторы, которые будут работать со стендами вибрационного контроля.

#### 4.1.2 Анализ конкурентных технических решений

Проектируемый в данной работе корпус стенда вибрационного контроля подшипников качения разрабатывается специально для ООО «ТриБоСС». Вместе с тем для обеспечения конкурентного преимущества разработки рекомендуется систематически проводить анализ других проектных решений, схожих по функционалу – другими словами, анализ конкурентов. Он дает возможность вносить изменения и улучшения в проектное решение, отвечающие современным требованиям и выгодно отличающие его от схожих разработок.

Проанализировав конкурирующие проектные решения, необходимо произвести их сравнение с разрабатываемым решением – в частности, это можно сделать, осуществив сравнительный анализ эффективности при помощи оценочной карты, в которой приводится перечень критериев и по каждому из них выставляется оценка по 5-балльной шкале. Карта составляется для 3-4 конкурентных разработок (как минимум), веса всех критериев в сумме должны составлять 1, а анализ конкурентных технических решений определяется по формуле (1):

$$K = \sum V_i \cdot B_i, \quad (1)$$

где  $K$  – конкурентоспособность научной разработки или конкурента,

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы),

$B_i$  – балл  $i$ -го показателя.

Результаты сравнительного анализа с применением формулы (1) приведены в таблице 22, которая и представляет собой заполненную оценочную карту [44].

Таблица 22 – Оценочная карта для сравнения разрабатываемого решения с конкурентными разработками

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		$B_{\phi}$	$B_{k1}$	$B_{k2}$	$K_{\phi}$ (2x3)	$K_{k1}$ (2x4)	$K_{k2}$ (2x5)
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Надежность конструкции	0,11	5	4	5	0,55	0,44	0,55

## Продолжение таблицы 22

2. Эргономичность	0,10	4	5	5	0,40	0,50	0,50
3. Безопасность	0,11	5	5	4	0,55	0,55	0,44
4. Функциональность	0,10	4	4	3	0,40	0,40	0,30
5. Простота эксплуатации и обслуживания	0,08	4	4	5	0,32	0,32	0,40
6. Современный дизайн	0,07	4	5	5	0,28	0,35	0,35
Экономические критерии оценки эффективности							
7. Конкурентоспособность	0,09	4	3	4	0,36	0,27	0,36
8. Уровень проникновения на рынок	0,05	3	2	3	0,15	0,10	0,15
9. Цена	0,08	4	1	3	0,32	0,08	0,24
10. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	5	3	4	0,45	0,27	0,36
11. Послепродажное обслуживание	0,06	4	5	3	0,24	0,30	0,18
12. Срок выхода на рынок	0,06	4	3	4	0,24	0,18	0,24
Итого	1,00	50	44	48	4,26	3,76	4,07

По таблице видно, что разрабатываемое проектное решение обладает рядом преимуществ по сравнению с разработками конкурентов. При этом наибольший вес в оценке конкурентоспособности имеют: надежность конструкции, эргономичность, безопасность, функциональность.

### 4.1.3 Технология QuaD

Данная технология представляет собой инструмент, по своему содержанию близкий к представленному выше методу оценки конкурентных решений. QuaD (Quality Advisor) позволяет определить качество нового проектного решения, его перспективность и принять решение о целесообразности вложения в него денежных средств.

Суть метода состоит в нахождении средневзвешенного значения показателей, приведенных в таблице 22, по следующей формуле (2):

$$P_{cp} = \sum V_i \cdot B_i, \quad (2)$$

где  $P_{cp}$  – средневзвешенное значение показателя качества и перспективности научной разработки;

$V_i$  – вес показателя (в долях единицы);

$B_i$  – средневзвешенное значение  $i$ -го показателя.

Диапазон, в котором находится найденное значение, позволяет говорить о степени перспективности новой разработки: от 0 до 19 % – крайне низкая перспективность, от 20 до 39 % – ниже среднего, от 40 до 59 % – средняя, от 60 до 79 % – выше среднего, и, наконец, от 80 до 100 % – высокая, т.е. разработка считается наиболее перспективной [45].

Таблица 23 – Оценочная карта для сравнения конкурентных разработок по методу QuaD

Критерий оценки	Вес критерия	Баллы	Максимальный балл	Относительное значение (3/4)	Средневзвешенное значение (5x2)
1	2	3	4	5	6
Показатели оценки качества разработки					
1. Надежность конструкции	0,11	90	100	0,9	0,099
2. Эргономичность	0,10	80	100	0,8	0,080
3. Безопасность	0,11	100	100	1,0	0,110
4. Функциональность	0,10	65	100	0,7	0,065
5. Простота эксплуатации и обслуживания	0,08	75	100	0,8	0,060
6. Современный дизайн	0,07	80	100	0,8	0,056
Показатели оценки коммерческого потенциала разработки					
7. Конкурентоспособность	0,09	60	100	0,6	0,054
8. Уровень проникновения на рынок	0,05	50	100	0,5	0,025
9. Цена	0,08	80	100	0,8	0,064
10. Предполагаемый срок эксплуатации	0,09	90	100	0,9	0,081
11. Послепродажное обслуживание	0,06	80	100	0,8	0,048
12. Срок выхода на рынок	0,06	70	100	0,7	0,042
Итого	1,00	920	1200	9,2	0,784

Итак, результат анализа по методу QuaD позволяет сделать вывод, что перспективность разрабатываемого проектного решения находится на уровне выше среднего, т.к. средневзвешенное значение показателя перспективности оказалось равно 78,4 %, что лежит в диапазоне от 60 до 79 %. Основными показателями здесь являются: надежность конструкции, эргономичность, безопасность, современный дизайн.

#### 4.1.4 SWOT-анализ

В таблице 24 представлен результат всех этапов SWOT-анализа (использованы сильные и слабые стороны прототипа, т.е. стенда фирмы ДИАМЕХ). Первый этап заключается в выявлении основных аспектов (они указаны в таблице), второй этап – в сопоставлении их друг с другом: возможностей и сильных сторон проекта, возможностей и слабых сторон, угроз и сильных сторон, угроз и слабых сторон. Наконец, на третьем этапе на основании такого сопоставления формируется итоговая таблица, содержащая: возможные направления развития, сдерживающие факторы, угрозы развития и уязвимости [46].

Таблица 24 – Результаты SWOT-анализа

	<p>Сильные стороны (Strengths):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- форма сдвижного экрана – цилиндр, соосный с осью МВВКп;</li> <li>Конструкция стенда стоит из простых геометрических форм;</li> <li>- панель управления расположена с боковой стороны;</li> <li>- кнопки аварийного управления выделены спектральным цветом и дополнительным объемом, что упрощает действия оператора.</li> </ul>	<p>Слабые стороны (Weaknesses):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- конструкция стенда не имеет возможности перемещения;</li> <li>- цветовая палитра включает тёмно-синий и сложный бирюзовый оттенок;</li> <li>- экран системы управления не имеет функции поворота и регулирования положения экрана;</li> <li>- неудобное расположение блока, предназначенного для сбора и хранения вытекающего масла</li> </ul>
<p>Возможности (Opportunities):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- увеличение количества лиц, заинтересованных</li> </ul>	<p>Направления развития:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- возможность реализации корпуса стенда другим потребителям;</li> </ul>	<p>Сдерживающие факторы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ограничения в удобстве использования устройства могут снизить спрос на него</li> </ul>

## Продолжение таблицы 24

<p>в устройстве;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- хорошая реклама;</li> <li>- повышение стоимости конкурентных разработок</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- перехват потребителей у конкурентов за счет более низкой стоимости и визуального ощущения безопасности и надежности конструкции;</li> <li>- создание собственного фирменного стиля</li> </ul>	<p>при выходе на рынок</p>
<p>Угрозы (Threatens):</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- отказ заказчика от готового продукта;</li> <li>- развитая конкуренция технологий производства</li> </ul>	<p>Угрозы развития:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- потеря актуальности конструкции устройства в случае появления более современных технологий</li> </ul>	<p>Уязвимости проекта:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- переход заказчика и/или потребителей к другому исполнителю корпуса стенда вследствие высокой конкуренции</li> </ul>

## 4.2 Планирование научно-исследовательских работ

### 4.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Разработка корпуса стенда вибрационного контроля подшипников качения осуществляется в несколько этапов: проработка концепции и создание эскизов, 3D-моделирование, создание чертежей, разработка фирменного стиля, макетирование. При этом 3D-моделирование – наиболее продолжительный этап: он включает в себя перебор вариантов расположения деталей конструкции относительно друг друга, их формы, размеров.

В таблице 25 представлена последовательность работ при дизайн-проектировании, распределенных между двумя членами рабочей группы: руководителем проекта и непосредственным исполнителем (дизайнером).

Таблица 25 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Дизайнер
	3	Обзор и анализ аналогов	Дизайнер

	4	Выбор направления исследований	Руководитель, дизайнер
--	---	--------------------------------	------------------------

Продолжение таблицы 25

	5	Календарное планирование работ	Руководитель, дизайнер
Теоретические и экспериментальные исследования	6	Эскизирование	Дизайнер
	7	Эргономический анализ	Руководитель, дизайнер
	8	Колористический анализ	Руководитель, дизайнер
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель, дизайнер
	10	Определение целесообразности проведения ОКР	Руководитель, дизайнер
Проведение ОКР			
Разработка технической документации и проектирование	11	Разработка графического материала по эргономическому анализу	Дизайнер
	12	3D-моделирование	Дизайнер
	13	Создание и оформление чертежей	Дизайнер
	14	Разработка фирменного стиля для создания презентационного материала	Руководитель, дизайнер
Изготовление макета (опытного образца)	15	Проектирование и изготовление макета	Дизайнер
Оформление отчета по НИР (комплекта документации по ОКР)	16	Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	Дизайнер
	17	Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Дизайнер
	18	Социальная ответственность	Дизайнер

#### 4.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Средняя (ожидаемая) трудоемкость вычисляется по формуле (3):

$$t_{ожі} = \frac{3t_{mini} + 2t_{maxi}}{5}, \quad (3)$$

где  $t_{ожі}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{mini}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.;

$t_{maxi}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной  $i$ -ой работы, чел.-дн.

Далее по формуле (4) определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях с учетом того, что работы могут выполняться параллельно несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как ее удельный вес в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{ожі}}{ч_i}, \quad (4)$$

где  $T_{pi}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;  
 $t_{ожi}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн;  
 $Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел [47].

#### 4.2.3 Разработка графика проведения проектной работы

Удобным и наглядным способом составления графика проведения работы является представление его в виде горизонтального ленточного графика, на котором каждая работа визуализирована в виде отрезка, начало и конец которого соответствуют времени начала и окончания данной работы. Такой график называется – диаграмма Гранта.

Для составления данной диаграммы длительность каждой работы переводится в календарные дни при помощи формулы (5):

$$T_{ki} = T_{pi} * k_{\text{кал}}, \quad (5)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;  
 $T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;  
 $k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по формуле (6):

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (6)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;  
 $T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;  
 $T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году [48].

Рассчитанные значения представлены в таблице 26.

Таблица 26 – Трудоемкость и продолжительность выполнения работ

Название работ	Трудоемкость работ			Исполнители	Т <sub>р<sub>i</sub></sub> , раб. дни	Т <sub>к<sub>i</sub></sub> , кал. дни
	t <sub>min</sub> , чел- дни	t <sub>max</sub> , чел- дни	t <sub>ож<sub>i</sub></sub> , чел- дни			
1. Составление технического задания	2	5	3,2	Руководитель	3,2	4,7
2. Подбор и изучение материалов по теме	5	10	7	Дизайнер	7	10
3. Обзор и анализ аналогов	4	7	5,2	Дизайнер	5,2	7,7
4. Выбор эскизных вариантов	2	3	2,4	Руководитель, дизайнер	1,2	1,8
5. Календарное планирование работ по теме	2	3	2,4	Руководитель, дизайнер	7,6	9
6. Эргономический анализ	4	5	4,4	Дизайнер	4,4	6,5
7. Разработка графического материала по эргономическому анализу	4	7	5,2	Дизайнер	5,2	7,7
8. 3D-моделирование	15	18	16,2	Дизайнер	16,2	24
9. Создание и оформление чертежей	4	7	5,2	Руководитель, дизайнер	5,2	7,7
10. Разработка фирменного стиля для создания презентационного материала	5	8	6,2	Руководитель, дизайнер	3,1	4,6
11. Составление пояснительной записки (эксплуатационно-технической документации)	8	11	9,2	Дизайнер	9,2	13,6
12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	6	8	6,8	Руководитель, дизайнер	3,4	5
13. Социальная ответственность	6	8	6,8	Руководитель, дизайнер	3,4	5
Итого:			Руководитель	15,5	22,9	
			Дизайнер	64,7	95,4	

Календарный график, составленный на основе данной таблицы, представлен в таблице 27.

Таблица 27 – Календарный график выполнения работ

Вид работы	Исполнители	Т <sub>к</sub> , кал. дн	Продолжительность выполнения работ													
			февраль			Март			апрель			май				
			1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3		
Составление и утверждение технического задания	Научный руководитель	4,7														
Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр	10														
Обзор и анализ аналогов	Бакалавр	7,7														
Выбор эскизного решения	Научный руководитель, бакалавр	1,8														
Календарное планирование работ по теме	Научный руководитель, бакалавр	1,8														
Эргономический анализ	Бакалавр	6,5														
Разработка графического материала по эргономическому анализу	Бакалавр	7,7														
3D-моделирование	Бакалавр	24														
Создание и оформление чертежей	Бакалавр	7,7														



### 4.3 Бюджет научно-технического исследования

#### 4.3.1 Расчет материальных затрат исследования

Все материальные затраты представлены в таблице 28, цены на сырье и материалы указаны на основании реальных данных.

Таблица 28 – Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, руб.
Работа в сети Internet	месяц	1	500	500
Печать пояснительной записки	страницы	200	3	600
Печать презентационных планшетов формата А0	шт.	2	1500	3000
Печать макета на 3D-принтере	шт.	1	3000	3000
Печать чертежей формата А3	страницы	6	10	60
Итого				7160

Затраты на потребляемую электроэнергию рассчитываются по формуле

(7):

$$C_{\text{эл.об}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot Ц_{\text{э}}, \quad (7)$$

где  $P_{\text{об}}$  – установленная мощность, кВт (0,35 кВт),

$t_{\text{об}}$  – время работы оборудования, час,

$Ц_{\text{э}}$  – тариф на электроэнергию.

Затраты на потребляемую электроэнергию составляют:

$$C_{\text{эл}} = 0,35 \times 840 \times 5,748 = 1810,62 \text{ руб.}$$

#### 4.3.2 Основная заработная плата исполнителей

Оклад дизайнера – 15 000 руб., оклад руководителя – 20 000 руб.

Размер основной заработной платы определяется численностью исполнителей, трудоемкостью и средней заработной платой за один рабочий день и вычисляется по формуле (8):

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \times T_p, \quad (8)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника,

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых работником,

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле (9):

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_{\partial}} \quad (9)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года.

$F_{\partial}$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней.

Произведение трудоемкости на сумму дневной заработной платы определяет затраты по зарплате для каждого работника на все время разработки [49].

Расчет основной заработной платы приведен в таблице 29.

Таблица 29 – Основная заработная плата

Исполнитель	Оклад (руб.)	Среднедневная заработная плата (руб./дн.)	Трудоемкость, раб. дн.	Основная заработная плата (руб.)
1. Руководитель	20 000	793,65	16,1	12 777,76
2. Дизайнер	15 000	594,24	74,1	44 107,28
Итого				56 885,05

### 4.3.3 Дополнительная заработная плата исполнителей

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций. Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле (10):

$$Z_{\text{доп}} = Z_{\text{осн}} \cdot k_{\text{доп}}, \quad (10)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15) [49].

Расчет дополнительной заработной платы руководителя:

$$Z_{\text{доп}} = 12\,777,76 \times 0,12 = 1533,33 \text{ руб.}$$

Расчет дополнительной заработной платы дизайнера:

$$Z_{\text{доп}} = 44\,107,28 \times 0,12 = 5292,87 \text{ руб.}$$

Общая сумма затрат по дополнительной заработной плате составляет 6826,2 руб.

#### 4.3.4 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления от затрат на оплату труда работников в органы государственного социального страхования, Пенсионный фонд РФ, Фонд медицинского страхования РФ являются обязательными и определяются установленными законодательством Российской Федерации нормами.

Размер таких отчислений определяется по формуле:

$$Z_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (Z_{\text{доп}} + Z_{\text{осн}}), \quad (11)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.) [50].

Итог расчета размера отчислений во внебюджетные фонды приведен в таблице 30.

Таблица 30 – Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнители	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Научный руководитель	12 777,76	1 533,33
Бакалавр	44 107,28	5 292,87
Итого	56 885,04	6 826,20
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	30 %	
Научный руководитель	4 293,33	
Бакалавр	14 820,05	
Итого	19 113,38	

#### 4.3.5 Общие затраты на научно-техническое исследование

Определив размеры затрат по каждой из статей, сформируем общий бюджет расходов на проведение исследования (таблица 31).

Таблица 31 – Сумма затрат на проведение исследования

Наименование статьи затрат	Сумма, руб.
Материальные затраты НТИ	7 160,00
Расходы на электроэнергию	1 810,62
Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	56 885,05
Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	6 826,20
Отчисления во внебюджетные фонды	19 113,38
Итого	91 795,25

#### 4.4 Определение экономической эффективности исследования

Экономическую эффективность проведенного исследования определим на основе расчета интегрального финансового показателя [51]. Данный показатель отражает численное увеличение бюджета затрат на разработку (если он принимает значение больше единицы) или, наоборот, удешевление ее стоимости (если он меньше единицы, но больше нуля) и вычисляется следующим образом:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{ri}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (12)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{ri}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Для вычисления данного показателя определим стоимость изготовления разрабатываемого корпуса стенда вибрационного контроля (таблица 32), которую будем сравнивать с максимальной стоимостью. Поскольку цены на составляющие корпуса меняются в зависимости от производителя, в таблице использованы средние значения цен.

Таблица 32 – Расчет стоимости корпуса стенда вибрационного контроля

Наименование позиции	Стоимость, руб.
1 Машина испытаний	212 754,18
1.1 Основание стенда	54 342,18
1.1.1 Каркас	16 520,80
1.1.2 Опоры регулируемые	15 752,00
1.1.3 Кожухи	22 069,38
1.2 Привод вращения	61 201,00
1.2.1 Двигатель	16 987,00
1.2.2 Передача ременная (шкив приводной, шкив ведомый, ремень)	5 500,00
1.2.3 Шпиндель	38 714,00
1.3 Система нагружения	97 211,00
1.3.1 Привод радиального нагружения (пневмоцилиндр, пневмосистема, виброгаситель, рама)	49 700,00
1.3.2 Привод осевого нагружения (пневмоцилиндр, пневмосистема, виброгаситель)	47 511,00
2 Система управления	191 634,56
2.1 Блок виброизмерительный	109 890,00
2.2 Преобразование частоты	29 321,56
2.3 Блок питания	5 068,00
2.4 Стойка управления (стойка, кожухи, кронштейн)	47 155,00
Итого стоимость корпуса стенда	404 388,74

Максимальная стоимость изготовления стенда вибрационного контроля (при покупке его составляющих по максимальным ценам) составляет 530 928,65 руб.

Таким образом, интегральный финансовый показатель оказался равен:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.і}} = \frac{404\,388,74}{530\,928,65} = 0,76.$$

Другими словами, средняя стоимость корпуса стенда вибрационного контроля составляет 76 % от максимальной стоимости (без учета сборки и установки необходимого программного обеспечения).

Помимо прочего, это означает, что существует риск увеличения себестоимости корпуса не менее чем на 30 % ( $\frac{530\,928,65 - 404\,388,74}{404\,388,74} \times 100\% = 31,29\%$ ). Увеличение себестоимости влечет за собой риск сокращения прибыли компании, использующей стенд, что приведет к необходимости сокращения других статей затрат (среди которых может оказаться, например, зарплата работников) либо отказа от данного стенда в пользу более дешевого варианта.

#### **4.5 Выводы по четвертой главе**

В данной главе произведена оценка перспективности разрабатываемой установки, ее конкурентоспособности, а также обозначены ее потенциальные покупатели и потребители. Далее с помощью SWOT-анализа намечены стратегические планы развития проекта и выявлены его уязвимости, на которые следует обратить внимание.

Кроме того, произведено планирование этапов работы, которые распределены между исполнителями, вычислена ожидаемая трудоемкость, продолжительность работы, и составлен календарный план-график.

Далее был составлен бюджет научного исследования: определены основные статьи затрат, имеющие место при разработке проектного решения, сделаны расчеты затрат по каждой статье. После этого вычислена общая сумма расходов на изготовление аналога проектируемого стенда, при этом стоит отметить, что расчет производился по совокупности его основных составляющих, без учета дополнительных деталей, таких как ручки, болты, крепления и т.д. Наконец, был посчитан интегральный финансовый показатель, показывающий, что расходы на рассматриваемый вариант разработки проектного решения составляют 76 % от максимального варианта.

## **5 Социальная ответственность**

В данной главе рассматриваются вопросы производственной и экологической безопасности при эксплуатации рассматриваемого в работе проектного решения. Тема ВКР – корпус стенда вибрационного контроля подшипников качения. Потенциальные потребители проектного решения: предприятия – потребители подшипниковой продукции.

Актуальность работы состоит в том, что снижение качества подшипников, широкое распространение контрафактной подшипниковой продукции, проведение тендерных закупок подшипников по минимальным ценам, появление восстановленных подшипников на рынке – требуют организации входного контроля подшипников качения, который не ограничивается проверкой документов.

Рабочей зоной является производственное помещение размером 10 x 10 м. Основное оборудование – стенд вибрационного контроля подшипников качения. Объектом исследования является корпус стенда; связанный с ним производственный процесс заключается во входной диагностике подшипников качения, для которой и применяется данный стенд.

### **5.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

#### **5.1.1 Правовые нормы трудового законодательства**

Трудовой кодекс РФ (ТК РФ) предусматривает нормированную рабочую неделю максимальной продолжительностью 40 часов для совершеннолетних лиц, 35 часов для лиц в возрасте 16 – 18 лет и инвалидов I и II группы, 24 часа для лиц младше 16 лет. При этом рабочим является время, в течение которого работник должен выполнять свои трудовые обязанности в соответствии с правилами внутреннего трудового распорядка и условиями трудового договора.

В отдельных случаях статья 99 ТК РФ предусматривает сверхурочную работу с письменного согласия работника:

- для завершения работы, невыполнение которой может повлечь порчу имущества работодателя, государственного или муниципального имущества, а также угрозу жизни и здоровью людей;

- для осуществления ремонта и восстановления сооружений, неисправность которых лишает работы большое число сотрудников;

- для продолжения работы в случае неявки сменяющего работника.

В соответствии со статьей 132 ТК РФ заработная плата работника зависит от его квалификации, сложности выполняемой работы, количества и качества затраченного труда и максимальным размером не ограничивается, за исключением случаев, предусмотренных ТК РФ.

### **5.1.2 Требования к рабочей зоне**

Требования к стенду вибрационного контроля подробно изложены в главе 1 данной работы.

Также рабочая зона должна быть оборудована:

- ванной для расконсервации подшипников;
- ванной для консервации подшипников;
- установкой для проверки подшипников;
- столом для упаковки подшипников;
- шкафом для рабочей одежды и других принадлежностей;
- столом для оформления документов;
- ПЭВМ (компьютером);
- столом для зачистки;
- шкафом для облицовочных материалов.

Положения ГОСТ 12.2.033-78 для рабочего места при выполнении работ стоя содержат следующие требования к физическим нагрузкам:

- энергозатраты организма в течение рабочей смены – не более 1046 кДж/ч (250 ккал/ч);

- возможность изменения темпа выполнения трудовых действий в соответствии с динамикой работоспособности человека в течение смены и

особенностями трудовых действий в пределах  $\pm 20\%$  от заданного темпа, если, исходя из технологических требований, темп не должен быть постоянным;

- пространственная компоновка элементов управления должна обеспечивать удобство взаимодействия с ними оператора любой рукой;

- допустимые динамические и статические нагрузки на двигательный аппарат человека;

- антропометрические характеристики двигательного аппарата человека;

- необходимость быстрого распознавания органов управления, формирования и закрепления навыков по управлению.

В соответствии с ГОСТ 12.2.032-78 рабочие места с ПЭВМ в помещениях с источниками вредных производственных факторов должны размещаться в изолированных кабинах с организованным воздухообменом.

Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 – 700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учетом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы. При этом допускается использование рабочих столов различных конструкций, отвечающих современным требованиям эргономики. Поверхность рабочего стола должна иметь коэффициент отражения 0,5 – 0,7.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на ПЭВМ, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учетом роста пользователя, характера и продолжительности работы с ПЭВМ.

## 5.2 Производственная безопасность

Выявленные вредные и опасные производственные факторы при работе с проектируемой установкой (таблица 33) приведены в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015.

Таблица 33 – Возможные вредные и опасные производственные факторы в производственном помещении

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Нормативные документы
Вредные факторы	
Зрительное напряжение	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
Нервно-психические перегрузки, монотонность трудового процесса	Р 2.2.2006–05 «Руководство по гигиенической оценке факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда»
Отклонение показателей микроклимата	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
Повышенный уровень и другие неблагоприятные характеристики шума	ГОСТ 12.1.003-2014 «Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности»
Недостаток необходимого искусственного освещения	СП 52.13330.2016 «Естественное и искусственное освещение»
Опасные факторы	
Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	ГОСТ 12.1.038-82 «ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов»
Движущиеся машины и механизмы; подвижные части производственного оборудования	ГОСТ 12.2.003-91 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности»; ГОСТ 12.2.061-81 «ССБТ. Оборудование производственное. Общие требования безопасности к рабочим местам»
Чрезмерно высокая или низкая температура материальных объектов	СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»
Вредные химические свойства используемых веществ	ГН 2.2.5.3532-18 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны»

### 5.2.1 Опасные производственные факторы

1) Поражение электрическим током в нашем случае может иметь место при соприкосновении с электрооборудованием стенда, если оно не закрыто от оператора защитной дверцей. Этот опасный фактор воздействует на организм человека термически (нагрев тканей и биологических сред), электролитически (разложение крови и плазмы) и биологически (раздражение нервных волокон). В

отдельных случаях он может привести к тяжелым последствиям, вплоть до смерти. Поэтому существует нормативная документация (в частности, ГОСТ 12.1.038-82), регламентирующая предельно допустимые значения напряжений и токов, которые могут проходить через тело человека (таблица 34). Для определения соответствия рабочего места этим требованиям производится измерение напряжения и силы тока специальными приборами в местах, где возможно замыкание электрической цепи через тело человека.

Таблица 34 – Предельно допустимые значения напряжения и силы тока, проходящего через тело человека

Род тока	Предельно допустимые значения:	
	напряжения, В	силы тока, мА
Переменный, 50 Гц	2,0	0,3
Переменный, 400 Гц	3,0	0,4
Постоянный	8,0	1,0

Кроме того, существуют правила электробезопасности при работе со стендом вибрационного контроля. Они сводятся к тому, что стенд должен быть заземлен в соответствии с ПОТ Р О-95120-001-94, его конструкция должна предусматривать защиту от деталей, проводящих ток, и от накопления зарядов статического электричества, а работающий со стендом человек должен при любых признаках неисправности прекратить работу и обратиться к дежурному электрику. Также нельзя разливать вблизи стенда охлаждающую жидкость: если корпус стенда находится под напряжением, мокрый пол представляет опасность.

2) Движущимися механизмами, представляющими опасность, являются вращающиеся части стенда входного контроля. Соприкосновение с ними приводит к повреждению мягких тканей и внутренних органов, поэтому эти детали должны быть закрыты кожухами, крышками, дверцами, щитками и т.д.

3) Чрезмерно высокая температура наблюдается у узлов стенда вибрационного контроля, испытываемых подшипников, а также у масла, применяемого при испытаниях. Соприкосновение с нагретыми частями стенда, подшипниками, а также попадание на кожу масла приводит к ожогам. Поскольку нагретые детали стенда не могут соответствовать допустимым пределам

температуры поверхностей в помещении (таблица 36), а также представляют опасность для оператора сами по себе (см. предыдущий фактор), они должны быть закрыты кожухами, защитными экранами и т.д., а гидравлическая система стенда должна быть герметичной для предотвращения разбрызгивания горячего масла.

4) Вредными химическими свойствами обладают: используемая в работе смазочная жидкость (масло) и частицы тяжелых металлов. Масло при попадании на кожу может вызвать раздражение, аллергические реакции, а при попадании на глаза – спровоцировать потерю зрения. Частицы металлов, путем испарения оказавшиеся в воздухе помещения, могут попасть в организм через органы дыхания и вызвать химическое отравление.

Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе указаны в ГН 2.2.5.3532-18. ПДК серы составляет 6 мг/м<sup>3</sup>; свинца – 0,05 мг/м<sup>3</sup>; хлордифенила – 5 мг/м<sup>3</sup>; молибдена – 3 мг/м<sup>3</sup>. Для предотвращения контакта оператора стенда с вредными химическими веществами стенд должен быть оснащен защитными экранами, кожухами и т.д.

## **5.2.2 Вредные производственные факторы**

1) Зрительное напряжение неизбежно имеет место при работе с монитором ПК и других устройств. В перспективе оно может привести к заболеваниям глаз и ухудшению зрения.

Согласно СанПиН 1.2.3685-21, для снижения зрительного напряжения экран должен соответствовать допустимым параметрам (таблица 35).

Параметры	Допустимые значения
Яркость белого поля	Не менее 35 кд/м <sup>2</sup>
Неравномерность яркости рабочего поля	Не более ±20%
Контрастность (для монохромного режима)	3:1
Пространственная нестабильность изображения (непреднамеренное изменение положения фрагментов изображения экрана)	Не более 2*10L-4L, где L – расстояние наблюдения

2) Нервно-психические перегрузки возникают вследствие монотонной напряженной работы, т.е. многократного повторения одинаковых действий. Может привести к переутомлению, потере концентрации и как следствие – не только к ошибкам, но и к производственным травмам. Чтобы избежать этого, нужно соблюдать несколько рекомендаций:

- делать регулярные перерывы в работе и делать зарядку для глаз;
- заниматься спортом;
- соблюдать режим сна;
- при возникновении беспокоящих симптомов нервно-психической перегрузки обращаться к врачу.

3) Отклонения показателей микроклимата от допустимых значений могут иметь место в любом производственном помещении. Они снижают работоспособность, ухудшают самочувствие работника и могут привести к заболеваниям.

Так, слишком низкая температура воздуха вызывает охлаждение организма и может привести к простудным заболеваниям. При слишком высокой температуре происходит перегрев организма, повышенное потоотделение, снижение работоспособности, а также ухудшение внимания, что может привести к ошибкам и несчастным случаям на производстве.

Повышенная влажность воздуха затрудняет испарение влаги с поверхности кожи и легких, что ведет к нарушению терморегуляции организма, ухудшению состояния человека, снижению работоспособности. При

пониженной влажности наблюдается сухость слизистых оболочек, верхних дыхательных путей.

В таблице 36 приведены допустимые показатели микроклимата в лабораторном помещении. Источник информации для таблицы – СанПиН 1.2.3685-21 (п. 29, таблица 5.2).

Таблица 36 – Допустимые показатели микроклимата

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
				для температур ниже оптимальных	Для температур выше оптимальных
Холодный	19 – 20,9 23,1 – 24	18 – 25	15 – 75	0,1	0,2
Теплый	20 – 21,9 24,1 – 28	19 – 29	15 – 75	0,1	0,3

4) Повышенный уровень шума – неотъемлемая часть работы со стендом вибрационного контроля.

Шум может вызывать различные психические реакции, отключение вегетативной нервной системы, регулирующей функции внутренних органов, сердечно-сосудистой системы и обмена веществ, а при высоких уровнях громкости вызывает болезненные ощущения.

Постоянное воздействие сильного шума может ухудшить слух, вызвать звон в ушах, головокружение, головную боль, усталость. При этом ухудшение слуха из-за шума, как правило, необратимо, т.к. в основе лежит атрофия нервных элементов.

Кроме того, сильный шум увеличивает кровяное давление, что повышает риск инсульта и развития коронарных заболеваний сердца.

В таблице 37 приведены предельно допустимые уровни звука в октавных полосах частот для производственных помещений (СП 51.13330.2011).

Таблица 37 – Предельно допустимые уровни звука в октавных полосах

## ЧАСТОТ

Среднегеометрические частоты октавных полос частот, Гц	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Предельно допустимый уровень звукового давления, дБ	107	95	87	82	78	75	73	71	69

ГОСТ 12.1.003-2014 предусматривает комплекс мер, которые должен принимать работодатель для снижения травмирующего воздействия шума на рабочем месте. Перечислим те из них, которые могут быть применены в нашем случае:

- оценка риска потери слуха работником;
- использование материалов и конструкций, препятствующих распространению шума;
- размещение шумных машин, позволяющее минимизировать воздействие шума;
- создание условий труда, при которых вредное воздействие шума не усугубляется наличием других неблагоприятных факторов;
- привлечение к работам лиц, не имеющих медицинских противопоказаний по шуму, и обеспечение прохождения ими регулярных медицинских обследований с применением средств аудиометрии;
- обучение работников правильному применению машин, уменьшающему риск появления у них профессиональной тугоухости;
- контроль правильности использования средств индивидуальной защиты от шума;
- организация профилактических мероприятий, ослабляющих неблагоприятное воздействие шума.

5) Степень освещенности рабочего места влияет на продуктивность труда человека. Дефицит света может негативно сказаться на зрении и общем самочувствии, а также повлиять на работу нервной системы.

Оптимальным вариантом на рабочем месте является комбинация из искусственного и естественного освещения. При этом в соответствии с

СП 52.13330.2016 освещенность производственных помещений от светильников системы общего освещения должна составлять не менее 200 лк, а коэффициент пульсации не может превышать 10%.

### **5.3 Экологическая безопасность**

В этом разделе рассмотрено влияние, которое оказывает процесс разработки и эксплуатации проектного решения на окружающую среду.

Основным материалом корпуса стенда вибрационного контроля является конструкционная углеродистая сталь. Она является черным металлом, который может быть подвергнут переплавке и повторному использованию большое количество раз, поэтому не представляет существенной опасности для окружающей среды.

Масла, используемые при испытаниях подшипников, являются основным загрязняющим фактором: в их состав могут входить токсичные вещества, такие как сера, хлор, тяжелые металлы. Воздействие их на селитебную зону может заключаться в заражении территории (земли, воздуха) при утечке смазочных масел или возгорании.

Испарение смазочных масел в атмосферу при хранении или трении приводит к образованию токсичных соединений (полихлордибензодиоксины и полихлордибензофураны), а также к попаданию в воздух серы, частиц тяжелых металлов. Все это создает угрозу для живых организмов.

После утилизации, при нарушении целостности контейнера, масло может попасть в землю и грунтовые воды, загрязняя таким образом и гидросферу, и литосферу. Кроме того, это приводит к заражению опасными веществами растений; также эти вещества могут попасть и в организм человека.

### **5.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Чрезвычайной ситуацией является обстановка, представляющая опасность для человека и окружающей среды. Она может сложиться вследствие

аварий, в том числе техногенного характера, стихийных бедствий, опасных природных явлений. Чрезвычайные ситуации могут приводить к человеческим жертвам, материальному ущербу, нарушении жизнедеятельности людей и прочих живых организмов.

В рассматриваемом случае возможными чрезвычайными ситуациями являются: пожар, землетрясение, обрушение конструкций здания. Наиболее типичная из них – пожар. Причиной его может послужить:

- неисправность электропроводки и оборудования, проводящего или использующего электрический ток;
- нарушение техники пожарной безопасности в помещении;
- возгорание химических веществ, используемых при испытаниях.

Соответственно, согласно «Техническому регламенту о требованиях пожарной безопасности» (Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ) пожар в нашем случае относится к классу Е – пожары горючих веществ и материалов электроустановок, находящихся под напряжением.

При возникновении пожара необходимо:

- оценить ситуацию и принять меры по уменьшению очага возгорания;
- вызвать пожарную службу;
- обесточить помещение;
- применить подручные средства для тушения пожара (огнетушитель, вода, песок, плотная ткань);
- при невозможности потушить пожар подручными средствами – активировать пожарную сигнализацию;
- приступить к немедленной эвакуации, при возможности принять меры по спасению других людей, животных.

Для предотвращения возникновения пожара необходимо соблюдать технику безопасности при работе с оборудованием, регулярно проверять оборудование и электрические сети на исправность, соблюдать правила хранения и использования химических веществ, масел.

## 5.5 Выводы по пятой главе

В данной главе описаны основные аспекты производственной и экологической безопасности. Производственное помещение и оборудование по фактическим значениям потенциально возможных вредных и опасных факторов соответствуют нормативным значениям. При невозможности их достижения (например, в случае с движущимися нагретыми деталями станда, вредными химическими свойствами используемого смазочного масла) принимаются соответствующие меры защиты, такие как закрытие соответствующих частей станда защитными кожухами, дверцами, экранами.

В соответствии с Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) производственное помещение относится к 2 категории – «опасные помещения по электробезопасности», куда входят практически все предприятия, за исключением особо опасных. Таким образом, для него является обязательным проведение мероприятий по охране труда и технике безопасности, а также периодическая аттестация.

Сотруднику, работающему со стандом, должна быть присвоена группа I по электробезопасности (в соответствии с Правилами по охране труда при эксплуатации электроустановок). К ней относится неэлектротехнический персонал, усвоивший требования по электробезопасности, относящиеся к его деятельности.

В соответствии с СанПиН 1.2.3685-21 труд работника в нашем случае относится к категории тяжести Ib, поскольку работы производятся стоя.

Производственное помещение согласно СП 12.13130.2009 по взрывопожарной и пожарной опасности относится к категории Г (умеренной).

Рассматриваемый объект не оказывает значительного негативного влияния на окружающую среду, поскольку опасным веществом здесь является только смазочное масло, используемое при испытаниях подшипников, которое при правильном использовании и хранении не загрязняет окружающую среду.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе проектирования был разработан промышленный дизайн корпуса стенда вибрационного контроля подшипников качения для организации ООО «ТриБоСС».

Практическая значимость спроектированного испытательного оборудования стенда СВК-А обусловлена проблемой удобства и безопасности использования, включая непосредственно и внешний облик.

В процессе работы была проведена аналитическая часть исследования. Также, были сформированы критерии к проектированию. Предложены варианты эскизов, где определены функциональные аспекты проектирования, продуманы все детали, относящиеся к объекту. Проведен эргономический анализ объекта. Были проанализированы и выбраны материалы, компоненты, подобраны технологии изготовления. Выполнена черновая и чистовая визуализация. Создан макет. Разработан презентационный материал. В рамках работы сформулирована концепция себестоимости установки устройства стенда. Были изучены вопросы социальной ответственности, определяющие возможные производственные риски и мероприятия по предотвращению возникновения ЧС и опасных производственных факторов.

Таким образом, было выполнено проектное дизайн решение испытательного оборудования корпусной установки вибрационного контроля подшипников качения, которая обладает функцией защитного мультиблока, защищает как оператора, так и механической части стенда от неблагоприятных внешних факторов, также предусмотрено удобство эксплуатации.

## **СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ И НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ**

1. Контроль подшипников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cable.ru/articles/id-2209.php> (03.03.2022)
2. Курилова Е.В. Методы вибродиагностики состояния подшипников качения / Е.В. Курилова. – Пенза: Приволжский Дом знаний, 2009. – С. 43-46.
3. Стенды входного контроля подшипников качения СП-60М, СП-180М [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.diamex.ru/bearing\\_diagnostic.html](http://www.diamex.ru/bearing_diagnostic.html) (04.03.2022)
4. ГОСТ Р 52545.12006. Подшипники качения. Методы измерения вибрации. Часть 1. Основные положения: Национальный стандарт РФ. – Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 23.05.2006 № 98-ст. – Дата введения: 01.01.2007
5. Входной контроль подшипников качения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://extxe.com/7640/vhodnoj-kontrol-podshipnikov-kachenija/> (03.03.2022)
6. Методы диагностики подшипников качения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vibropoint.ru/metody-diagnostiki-podshipnikov/> (03.03.2022)
7. Контроль вибрации подшипников [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://vibrometer-vp.ru/article19.html> (03.03.2022)
8. Стенд входного контроля подшипников качения СВК-А [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.tik.perm.ru/produkcija/stendy/svk\\_a/](https://www.tik.perm.ru/produkcija/stendy/svk_a/) (04.03.2022)
9. Стенды ПРОТОН-СПП и ПРОТОН-СПП-II [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iors-2020.com/equipment/stendy-proverki-podshipnikov/proton-spp> (04.03.2022)

10. Вибродиагностика подшипников качения и входной контроль подшипников: система КОМПАКС-РПП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.dynamics.ru/products/compacs-rpp/> (04.03.2022)
11. MVH 90E/200E, MVH 90EL/200EL [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.skf.com/group/products/test-measuring-equipment/noise-and-vibration-testers/mvh-90e-200e-mvh-90el-200el> (04.03.2022)
12. Прибор для измерения радиального зазора MGL 35-7: руководство по эксплуатации [Электронный документ]. – Режим доступа: [https://www.dinamica59.ru/images/files/data\\_140.pdf](https://www.dinamica59.ru/images/files/data_140.pdf) (04.03.2022)
13. MVU 600HA/HR [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.skf.com/my/products/test-measuring-equipment/noise-and-vibration-testers/mvu-600ha-hr> (04.03.2022)
14. Bearing Vibration Tester - Anderon Meter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.sugawara-labs.co.jp/en/bearings/anderson/bearing\\_vibration\\_tester\\_anderson\\_meter](https://www.sugawara-labs.co.jp/en/bearings/anderson/bearing_vibration_tester_anderson_meter) (04.03.2022)
15. Шупейко И.Г. Эргономическое проектирование систем «человек – машина»: пособие / И.Г. Шупейко. – Минск: БГУИР, 2017. – 76 с.: ил.
16. ГОСТ 12.1.003-83. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 06.06.1983 № 2473. – Дата введения: 01.07.1984
17. ГОСТ 25347-2013. Основные нормы взаимозаменяемости. Характеристики изделий геометрические. Система допусков на линейные размеры. Ряды допусков, предельные отклонения отверстий и валов: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 14.11.2013 № 44-2013). – Дата введения: 01.07.2015
18. ГОСТ 12.2.049-80. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Оборудование производственное. Общие эргономические требования: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие

постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 17.07.1980 № 3679. – Дата введения 01.01.1982

19. ГОСТ Р МЭК 60073-2000. Интерфейс человекомашинный. Маркировка и обозначения органов управления и контрольных устройств. Правила кодирования информации: Национальный стандарт РФ. – Утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 08.12.2000 № 348-ст. – Дата введения: 01.01.2002

20. ГОСТ 20.39.108-85. Комплексная система общих технических требований. Требования по эргономике, обитаемости и технической эстетике: Государственный стандарт СССР. – Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 19.12.1985 № 4207. – Дата введения: 01.01.1987

21. ГОСТ Р 50948-2001. Средства отображения информации индивидуального пользования. Общие эргономические требования и требования безопасности: Государственный стандарт РФ. – Утвержден и введен в действие Постановлением Госстандарта России от 25.12.2001 № 576-ст. – Дата введения: 01.07.2002

22. ГОСТ 12.2. 033-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 26.04.1978 № 1100. – Дата введения: 01.01.1979

23. ГОСТ 12.2. 003-91. Система стандартов безопасности труда. Общие требования безопасности: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по управлению качеством продукции и стандартам от 06.06.1991 № 807. – Дата введения: 01.01.1992

24. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно- вычислительным машинам и организации работ. – Утверждены

Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 03.06.2003 № 118

25. ГОСТ 12.2. 032-78. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 26.04.1978 № 1102. – Дата введения: 01.01.1979

26. ГОСТ 12.2.007.0-75. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Изделия электротехнические. Общие требования безопасности: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов совета Министров СССР от 10.09.1975 № 2368. – Дата введения: 01.01.1978

27. Смирнов Б.А., Гулый Ю.И., Харченко А.А. Эргономическая оценка систем «человек-машина». Инженерно-психологические аспекты: учеб. пособие / Б.А. Смирнов, Ю.И. Гулый, А.А. Харченко – Харьков:

Гуманитарный центр, 2014. – 404 с.

28. ГОСТ 15543.1-89. Изделия электротехнические и другие технические изделия. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета СССР по стандартам от 14.07.1989 № 2381. – Дата введения: 01.01.1990

29. ГОСТ 30631-99. Общие требования к машинам, приборам и другим техническим изделиям в части стойкости к механическим внешним воздействующим факторам при эксплуатации: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета Российской Федерации по стандартизации и метрологии от 05.10.1999 № 324-ст. – Дата введения: 01.09.2000

30. ГОСТ 12.3. 002-75. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Процессы производственные. Общие требования безопасности: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие

Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 25.04.1975 № 1064. – Дата введения: 01.07.1976

31. Чепелев Н.И., Орловский С.Н., Щекин А.Ю. Основы эргономики и безопасность труда: учеб. пособие / Н.И. Чепелев, С.Н. Орловский, А.Ю. Щекин. – Красноярск, 2018. – 253 с.

32. Система «человек-машина» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://files.school-collection.edu.ru/dlrstore/39131575-5991-11da-8314-0800200c9a66/index.htm> (05.03.2022)

33. Гибка металла [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.metobr-expo.ru/ru/articles/gibka-metalla/> (дата обращения: 08.04.2022)

33. Анализ и синтез как методы исследования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018000630> (дата обращения: 08.04.2022)

34. ГОСТ 30245-2003. Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие постановлением Госстроя России от 30.06.2003 № 130. – Дата введения: 01.10.2003

35. Autodesk [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/> (дата обращения: 08.04.2022)

36. SolidWorks [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.solidworks.com/ru> (дата обращения: 08.04.2022)

37. ГОСТ 380-2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 20.07.2007 № 185-ст. – Дата введения: 01.01.2008

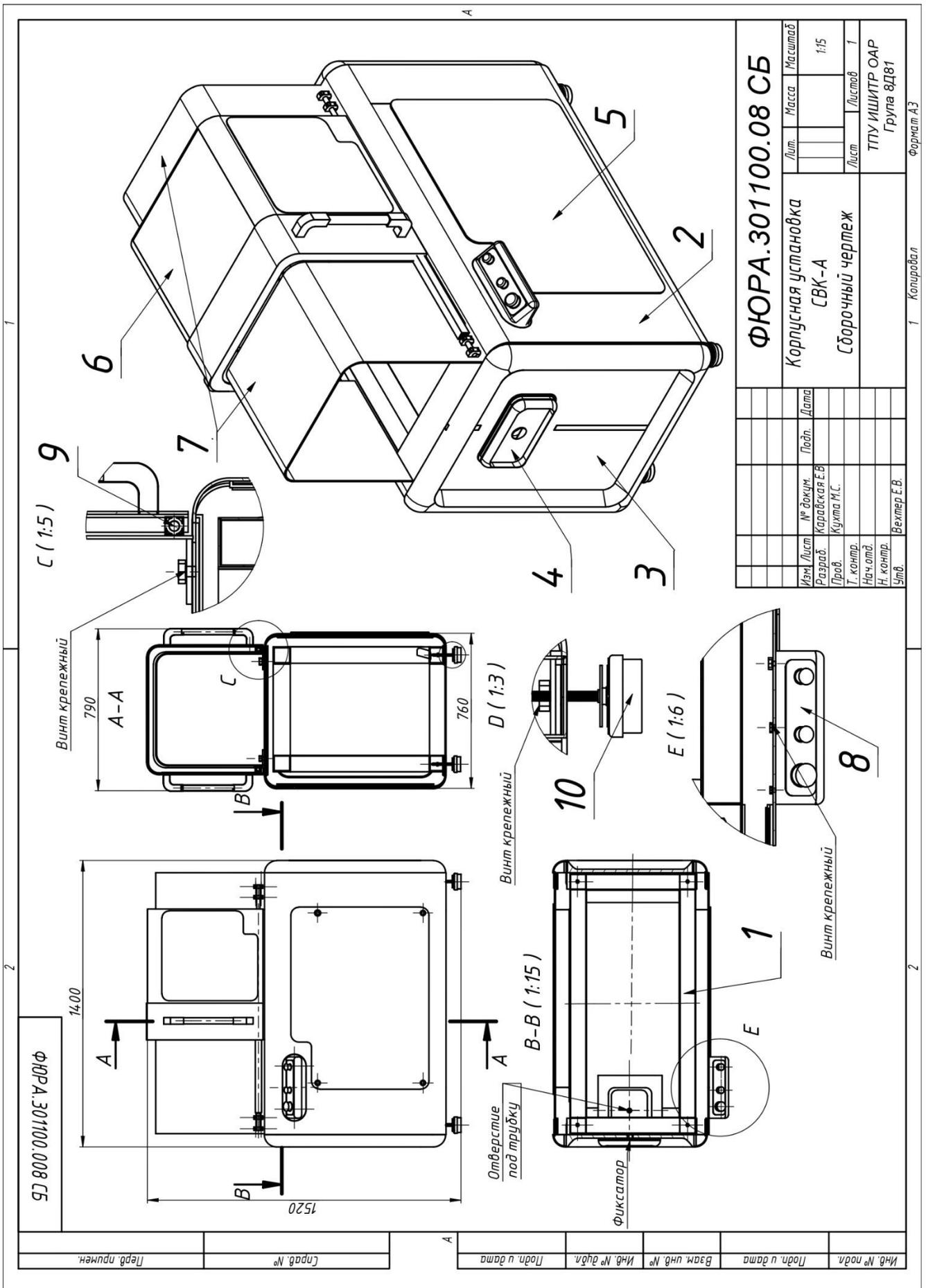
38. ГОСТ 2.109-73 Единая система конструкторской документации. Основные требования к чертежам: Межгосударственный стандарт. – Утвержден и введен в действие Постановлением Государственного комитета стандартов Совета Министров СССР от 27.07.1973 № 1843. – Дата введения: 01.07.1974

39. Adobe: решения для творчества, маркетинга и работы с документами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.adobe.com/ru/> (дата обращения: 08.04.2022)
40. 3D-печать: технологии аддитивного производства [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://softline.ru/about/blog/3d-pechat-tehnologii-additivnogo-proizvodstva> (дата обращения: 08.04.2022)
41. ABS-пластики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://polymer.by/news/novinki/abs\\_plastiki/](https://polymer.by/news/novinki/abs_plastiki/) (дата обращения: 08.04.2022)
42. PLA-пластик для 3D-печати [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://3dtoday.ru/wiki/PLA\\_plastic](https://3dtoday.ru/wiki/PLA_plastic) (дата обращения: 08.04.2022)
43. Обзор актуальных материалов для 3D-печати [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://3dtoday.ru/blogs/top3dshop/overview-of-relevant-materials-for-3d-printing> (дата обращения: 08.04.2022)
44. Анализ конкурентов на практике: 10 шагов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://powerbranding.ru/competition/analiz-konkurentov-primer/> (дата обращения: 10.04.2022)
45. Технология оценки бизнеса QuaD [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.inventech.ru/technologies/quad/> (дата обращения: 10.04.2022)
46. SWOT-анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://blog.calltouch.ru/glossary/swot-analiz/> (дата обращения: 10.04.2022)
47. Трудоемкость [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://finzz.ru/trudoemkost-eto.html> (дата обращения: 10.04.2022)
48. Как диаграммы Ганта упрощают работу с проектами [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/hygger/blog/415271/> (дата обращения: 10.04.2022)
49. Формы оплаты труда и правила начисления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.business.ru/article/1928-formy-oplaty-truda-i-pravila-nachisleniya-vidy> (дата обращения: 10.04.2022)
50. Страховые взносы в 2022 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.b-kontur.ru/enquiry/277> (дата обращения: 10.04.2022)

51. Интегральный финансовый показатель [Электронный ресурс]. –  
Режим доступа: <https://lektsii.org/7-7417.html> (дата обращения: 10.04.2022)







<b>ФЮРА.301100.08 СБ</b>			
Корпусная установка		Лист	Масса
СВК-А			
Сборочный чертеж		Лист	Листов
			1
ТПУ ИШИТР ОАР			
Группа 8Д81			
Изм./Лист	№ док.им.	Подп.	Дата
Разраб. Караваева Е.В.			
Проб. Кукла М.С.			
Т. контр.			
Нач. отд.			
Н. контр.			
Удл.	Веккер Е.В.		

ФЮРА.301100.008 СБ

Лист 1 из 1  
Справ. №  
Перв. примен.

Инд. № подл.  
Подп. и дата  
Взам. инв. №  
Инд. № дубл.  
Подп. и дата

Рисунок А.2 – Сборочный чертеж



