

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт педагогики психологии и социологии
Кафедра современных образовательных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ И.А. Ковалевич
подпись
« _____ » _____ 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

44.03.04 «Профессиональное обучение (по отраслям)»

**РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИХ
УКАЗАНИЙ К НИМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИЗАЙНА». МОДУЛЬ
«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

Руководитель	_____	ст. преподаватель	В.Ф. Редькин
	подпись, дата		
Выпускник	_____		С.Л. Пайсов
	подпись, дата		
Консультант	_____	доцент, канд. искусствоведения	Т.Ю. Серикова
	подпись, дата		
Нормоконтролер	_____	ст. преподаватель	В.Ф. Редькин
	подпись, дата		

Красноярск 2017

РЕФЕРАТ

Бакалаврская работа по теме «Разработка лабораторных работ и методических указаний к ним по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов» содержит 36 страниц текстового документа, 2 рисунка, 1 приложение, 18 использованных источников.

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДИЧЕСКОЕ УКАЗАНИЕ, РАЗРАБОТКА.

Цель работы: Разработать лабораторные работы и методические указания к ним по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов».

Задачи:

1. Анализ учебной и научной литературы на обозначенную тему.
2. Изучение имеющегося опыта в построении лабораторных комплексов, создании методических указаний и проведении лабораторных работ.
3. Разработка лабораторных работ по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов».
4. Разработка методических указаний к лабораторным работам по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов».

В ходе выполнения работы были проанализированы источники по заданной теме, доказана необходимость лабораторного практикума, разработаны лабораторные работы и методические указания к ним, для использования в преподавании дисциплины «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна» у бакалавров профиля подготовки 44.03.04.14 «Декоративно-прикладное искусство и дизайн.»

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ учебной и научной литературы на обозначенную тему	9
1.1 Анализ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.04 профессиональное обучение (по отраслям) (уровень бакалавриата)	9
1.2 Анализ основной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 44.03.04 – профессиональное обучение, профилю 44.03.04.14 – Декоративно-прикладное искусство и дизайн	10
1.3 Анализ учебного плана	12
1.4 Анализ рабочей программы дисциплины «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна»	13
1.5 Обоснование необходимости проведения лабораторных работ	14
1.6 Обоснование выбора виртуальных лабораторных работ	15
2 Изучение имеющегося опыта в построении лабораторных комплексов, создании методических указаний и проведении лабораторных работ.....	19
2.1 Опыт построения реального эксперимента	19
2.2 Опыт построения виртуальных лабораторных работ.....	21
3 Разработка лабораторных работ по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов»	25
4 Разработка методических указаний к лабораторным работам по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов».....	29
4.1 Общая структура методических указаний	29
4.2 Структура основной части методических указаний	30
4.3 Разработка методических указаний	31
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	33
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	34
ПРИЛОЖЕНИЕ А Методические указания	37

ВВЕДЕНИЕ

Согласно основной образовательной программе (ООП) [1] для бакалавра по профилю подготовки Декоративно-прикладное искусство и дизайн конкретными являются следующие виды деятельности:

- Проектно-конструкторская.
- Проектно-творческая.
- Художественно-эстетическая.

Проектно-конструкторская деятельность включает в себя:

- осуществление проектно-конструкторской деятельности и решение задачи в CAD/CAM/CAE/PDM/PDE системах по композиционным, художественным и пропорционально-масштабным решениям по проектированию изделий; разработке изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров; выбору оптимальной формы и конфигурации деталей и сборочных единиц проектируемых изделий;

- определение различных показателей изделия с учетом выданных критериев, целевых функций, ограничений, структуры и взаимосвязей;

Для успешного осуществления Проектно-конструкторской деятельности бакалавр данного профиля должен освоить такие компетенции как:

Профильно-специализированные компетенции (ПСК):

- способность анализировать и оценивать альтернативные варианты конструктивных и технологических решений в производстве изделий (ПСК-2);

- готовность осуществлять проектно-конструкторскую деятельность и решать задачи в CAD/CAM/CAE/PDM/PDE системах по:

- композиционным, художественным и пропорционально-масштабным решениям по проектированию изделий (ПСК-4);

- разработке изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров (ПСК-5);

- выбору оптимальной формы и конфигурации деталей и сборочных единиц проектируемых изделий (ПСК-6);
- определению различных показателей изделия с учетом выданных критериев, целевых функций, ограничений, структуры и взаимосвязей (ПСК-7);
- готовность проводить исследования и решать задачи компьютерного моделирования изделий, процессов, явлений (ПСК-9);
- способность принимать участие в создании изделий на этапах концептуального решения и проектно-конструкторской разработки в жизненном цикле изделия (ПСК-11).

Для освоения вышеуказанных компетенций существует множество специальных технических дисциплин, таких как теоретическая механика, сопротивление материалов, теория решения изобретательских задач, детали машин и др.

Изучение вышеуказанных дисциплин в полной мере не целесообразно, в силу специфики направления и профиля. Поскольку все знания, которые охватываются этими дисциплинами, будут полезны в целом для развития, но большая их часть останется бесполезной конкретно в осуществлении деятельности, к которой готовятся бакалавры.

Также, изучение этих дисциплин в отдельности требует дополнительных временных затрат, которые непозволительны в силу того что трудоёмкость освоения ООП бакалавриата, согласно федеральному государственному образовательному стандарту (ФГОС) [2] составляет всего 240 зачётных единиц. Добавление каких бы то не было технических дисциплин, изучение которых естественно требует больших временных затрат, возможно только если убрать из учебного плана некоторые другие дисциплины или сократить их трудоёмкость, что нанесёт вред освоению многих других компетенций и негативно повлияет на достижение многих немаловажных результатов обучения.

Напрашивается противоречие между необходимостью получения знаний из технических дисциплин, и ограниченностью времени для освоения ООП.

Для решения этого противоречия в учебный план была введена дисциплина «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна» («ОИТОД»).

Как сказано в рабочей программе дисциплины, «ОИТОД» является комплексной технической дисциплиной, включающей в себя основные положения теоретической механики, сопротивления материалов, теории механизмов и машин, а также краткие сведения из смежных дисциплин и относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин учебного плана.

Смежные дисциплины, усвоение которых необходимо для изучения данной дисциплины: информатика, математика, история техники, материаловедение,

Опираясь на компетенции, осваиваемые по средствам изучения «ОИТОД», и используя принцип построения результатов обучения с использованием таксономии Блума [3] можно синтезировать некоторые результаты обучения, такие как:

- Решать задачи в CAD/CAM/CAE/PDM/PDE системах.
- Рассчитывать пределы прочности для различных материалов и видов напряжений.

Дисциплина «ОИТОД» включает в себя несколько модулей, одним из которых является модуль «Основы расчётов на прочность».

«Расчёты на прочность» – это раздел сопромата, в котором приведены методы произведения расчётов на определение напряжений, возникающих в конструкциях и деталях при воздействии на них различных сил, способы проверки прочности детали заданной формы и размеров, под некоторой нагрузкой, а так же методы расчетов на грузоподъемность, когда вычисляется максимальная нагрузка, которую может выдерживать конструкция, не разрушаясь.

Все эти знания необходимы бакалаврам данного профиля для осуществления проектно-конструкторской деятельности, поскольку

проектирование и разработка многих изделий невозможна без осуществления расчётов на прочность.

Изучение данного модуля, как и всей дисциплины, происходит, в основном, посредством традиционной технологии объяснительно-иллюстративного обучения. Студенты усваивают основную часть материала благодаря курсу лекций. Лекции дополняются практическими занятиями.

В ходе практических занятий «ОИТОД», согласно рабочей программе дисциплины, студенты решают задачи. Такой метод проведения занятий не позволяет студенту в полной мере усвоить материал, так как утрачивается возможность непосредственного применения знаний в ходе эксперимента, что негативно сказывается на достижении результатов обучения.

Комплекс лабораторных работ обеспечивает связь теории с практикой, развивает самостоятельность и способность к постановке и проведению экспериментов, пониманию и интерпретации фактов, к анализу явлений и синтезу, к оценке полученной информации, применению знаний на практике. На уровне учебных дисциплин лабораторные работы обеспечивают знакомство с оборудованием, приборами, средствами измерения, с методикой исследования, пополняя знания фактами, они позволяют определить и проверить теоретические зависимости [4]. Необходимость проведения лабораторных работ для эффективного достижения результатов обучения неоспорима и давно доказана.

Проведение лабораторных работ возможно только при наличии материальной базы и грамотно составленных, с учётом потребностей студентов данного профиля, методических указаний.

Существующие на данный момент методические указания построены в основном без учёта специфики профиля, и непосредственно для экспериментов, производимых на специальном оборудовании.

Поскольку необходимое для лабораторных работ оборудование отсутствует в рамках площадки, на которой обучается направление, можно предложить несколько вариантов решения данной проблемы:

- выездные занятия в имеющихся лабораториях на базе университета

- оборудование лаборатории в шаговой доступности
- построение материальной базы к лабораторным работам в виртуальной среде и создание методических указаний к ним.

Поскольку первые два варианта требуют дополнительных финансовых и временных затрат, а так же не исключают необходимости в составлении методических указаний с учётом специфики направления и профиля, оптимальным остаётся вариант создания лабораторных работ в виртуальной среде и методических указаний к их проведению.

Объект: Учебный процесс по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна».

Предмет: Лабораторные работы и методические указания к ним по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов».

Цель: Разработать лабораторные работы и методические указания к ним по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов».

Задачи:

1. Анализ учебной и научной литературы на обозначенную тему.
2. Изучение имеющегося опыта в построении лабораторных комплексов, создании методических указаний и проведении лабораторных работ.
3. Разработка лабораторных работ по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов».
4. Разработка методических указаний к лабораторным работам по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов».

1 Анализ учебной и научной литературы на обозначенную тему

1.1 Анализ Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 44.03.04 профессиональное обучение (по отраслям) (уровень бакалавриата)

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) [2] является первоочерёдным документом регулирующим реализацию основных профессиональных образовательных программ высшего образования и представляет собой совокупность требований, обязательных к выполнению при осуществлении подготовки бакалавров данного направления

Действующим на сегодняшний день является стандарт утверждённый приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 1 октября 2015 г.

В разделе 7 ФГОС ВО описываются требования к условиям реализации программы бакалавриата.

Пункт 7.1 настоящего раздела регулирует общесистемные требования к реализации программы бакалавриата.

Так в подпункте 7.1.1 настоящего стандарта, говорится о том, что организация (образовательная организация высшего образования) должна располагать материально-технической базой, обеспечивающей проведение всех видов дисциплинарной и междисциплинарной подготовки, практической и научно-исследовательской работ обучающихся, предусмотренных учебным планом.

Пункт 7.3 данного раздела стандарта определяет требования к материально-техническому и учебно-методическому обеспечению программы бакалавриата.

Согласно подпункту 7.3.1 перечень материально-технического обеспечения, необходимого для реализации программы бакалавриата, включает

в себя лаборатории, оснащённые лабораторным оборудованием. Далее в этом же подпункте говорится о том, что допускается замена специально оборудованных помещений их виртуальными аналогами, позволяющими обучающимся осваивать умения и навыки, предусмотренные профессиональной деятельностью.

Подпункт 7.3.2 говорит о том, что организация должна быть обеспечена необходимым комплектом лицензионного программного обеспечения (ПО), состав которого определяется в рабочих программах (РП) дисциплин. Так же указано, что это программное обеспечение подлежит ежегодному обновлению.

Так из всего вышеперечисленного следует то, что для подготовки бакалавров рассматриваемого направления, а следовательно и профиля, согласно стандарту, образовательная организация обязана обеспечить всю необходимую для обучения материально-техническую базу, в т. ч. лаборатории оснащённые необходимым оборудованием (специально оборудованные помещения) или заменить их виртуальными аналогами. А так же обеспечивать доступ ко всему необходимому комплекту лицензионного программного обеспечения (определённому РП дисциплины).

1.2 Анализ основной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 44.03.04 – профессиональное обучение, профилю 44.03.04.14 – Декоративно-прикладное искусство и дизайн

Ещё одним немаловажным документом, регулирующим процесс подготовки бакалавров по рассматриваемым направлению и профилю, является основная образовательная программа (ООП) [1].

Во втором разделе «Характеристика профессиональной деятельности выпускника программы подготовки бакалавра» настоящей ООП, а именно в пункте 2.1 «Область профессиональной деятельности выпускника» данного раздела говорится, что область профессионально-педагогической деятельности

бакалавров включает: подготовку обучающихся по профессиям и специальностям, включающим компьютерную проектно-конструкторскую, дизайнерскую (проектно-графическую, проектно-творческую, художественно-эстетическую) деятельность в различных образовательных учреждениях

В пункте 2.3 «Виды профессиональной деятельности выпускника», уточняется, что для бакалавра по профилю подготовки декоративно-прикладное искусство и дизайн конкретными являются проектно-конструкторская, проектно-творческая и художественно-эстетическая деятельности.

В проектно-конструкторскую деятельность согласно настоящей ООП включаются:

- осуществление проектно-конструкторской деятельности и решение задачи в CAD/CAM/CAE/PDM/PDE системах по композиционным, художественным и пропорционально-масштабным решениям по проектированию изделий; разработке изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров; выбору оптимальной формы и конфигурации деталей и сборочных единиц проектируемых изделий;

- определение различных показателей изделия с учетом выданных критериев, целевых функций, ограничений, структуры и взаимосвязей;

Раздел 3 ООП указывает компетенции формируемые в результате освоения образовательной программы.

В пункте 3.3 этого раздела имеются некоторые профильно-специализированные компетенции (ПСК), к освоению которых дисциплина, рассматриваемая в данном проекте имеет непосредственное отношение. Например, выпускник должен обладать:

- готовностью к использованию современных интегрированных сред для проектирования жизненного цикла изделий (ПСК-3);

- готовностью осуществлять проектно-конструкторскую деятельность и решать задачи в CAD/CAM/CAE/PDM/PDE системах по:

- композиционным, художественным и пропорционально-масштабным решениям по проектированию изделий (ПСК-4);
- разработке изделий с учетом технологических, конструкторских, эксплуатационных, эстетических, экономических и управленческих параметров (ПСК-5);
- выбору оптимальной формы и конфигурации деталей и сборочных единиц проектируемых изделий (ПСК-6);
- определению различных показателей изделия с учетом выданных критериев, целевых функций, ограничений, структуры и взаимосвязей (ПСК-7);
- готовностью проводить исследования и решать задачи компьютерного моделирования изделий, процессов, явлений (ПСК-9).

1.3 Анализ учебного плана

Согласно учебному плану [5] «ОИТОД» относится к вариативной части дисциплин и изучается в течение пятого и шестого семестров, на третьем курсе обучения. Всего на изучение дисциплины тратится 6 зачётных единиц или 216 часов, из которых 108 часов выделены на аудиторные занятия. Из этих 108 часов 36 тратится на лекционные занятия (по 18 часов в семестр), и 72 часа на лабораторные занятия (по 36 часов в семестр). 72 часа из 216-ти занимает самостоятельная работа студентов и оставшиеся 36 часов занимает контроль. Контроль осуществляется в форме экзамена на 5 семестре, зачёта и курсового проекта на 6 семестре обучения.

На самом деле, в силу отсутствия материальной базы и методических указаний к лабораторным работам, во время лабораторных занятий проводятся практические. В ходе практических занятий студенты решают задачи. Такой метод проведения занятий не позволяет студенту в полной мере усвоить материал, так как утрачивается возможность непосредственного применения знаний в ходе эксперимента, что негативно сказывается на достижении результатов обучения.

1.4 Анализ рабочей программы дисциплины «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна»

Проанализировав Рабочую программу дисциплины «ОИТОД» можно выделить роль и место дисциплины в освоении ООП.

Так, согласно данному документу дисциплина «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна» является комплексной технической дисциплиной, включающей в себя основные положения теоретической механики, сопротивления материалов, теории механизмов и машин, а также краткие сведения из смежных дисциплин; относится к вариативной части профессионального цикла дисциплин учебного плана.

Основными целями преподавания дисциплины «ОИТОД» являются:

- формирование у студентов аналитической базы проектно-конструкторской деятельности;
- формирование технического мировоззрения, развитие творческого инженерного мышления и кругозора;
- расширение и наполнение предметной области образовательной деятельности выпускника.

Данный курс имеет самостоятельное значение в силу специфики специальности, которая не предусматривает изучение конкретной предметной области и объектов дизайна. Вместе с тем дисциплина является базой для последующей подготовки специалистов в профессиональной сфере промышленного дизайна. Отличительной особенностью представляемого курса является органическое включение в программу элементов творческой поисковой деятельности, основанной на технологии теории решения изобретательских задач. Вместе с курсовым проектом данная дисциплина должна обеспечивать приобретение студентами теоретических знаний и первоначальных навыков конструирования машин.

В курсе также кратко рассматриваются основы современных технологий конструирования, предполагающих использование математических моделей, реализованных на ЭВМ.

Задача дисциплины – дать будущему специалисту сведения по методам схемного, кинематического и силового синтеза механизмов, научить его основным методам проектирования простых механических устройств, расчетным методам определения прочностной надежности типовых деталей и сборочных единиц машин; сформировать начальный опыт поисковой и изобретательской деятельности.

Также в рабочей программе дисциплины указаны межпредметные связи. Так в перечень дисциплин, усвоение которых необходимо для изучения «ОИТОД» входят такие дисциплины как: информатика, математика, материаловедение, история техники.

Подпункт 4.1.3 настоящей рабочей программы регулирует программное обеспечение необходимое для изучения дисциплины. Среди данного программного обеспечения имеются такие продукты как КОМПАС-3D и SolidWorks, а так же Microsoft Office, что в совокупности с подпунктом 7.3.2 ФГОС ВО, позволяет использовать данные продукты в разработке этого дипломного проекта.

1.5 Обоснование необходимости проведения лабораторных работ

В изучении «ОИТОД» как и в любой другой технической дисциплине наглядность играет важнейшую роль в усвоении информации. Ограничив преподавание только объяснительно-иллюстративной составляющей и не вовлекая в процесс самостоятельные лабораторные работы, преподаватель лишает студентов возможности подкрепить знания экспериментом, подтвердить изученную теорию. Теряется возможность решения практической задачи опытным путём, выявления разницы между аналитически полученными данными и данными полученными в ходе эксперимента. Проведение же

лабораторных работ напротив, развивает в студенте самостоятельность, способность к анализу полученных результатов и синтезу выводов по ним, помогает усвоить теоретические знания наглядно и практически при непосредственном участии студента в организации эксперимента. Из этого всего следует, что проведение лабораторных работ естественно положительно влияет на достижение студентом результатов обучения, что и является основной целью ООП.

1.6 Обоснование выбора виртуальных лабораторных работ

Для проведения лабораторных работ необходимыми критериями являются наличие материальной базы и методических указаний к лабораторным работам. Материальная база может представлять из себя специально оборудованное помещение, в таком помещении, как правило, располагаются необходимые установки, стенды, измерительные приборы. Лабораторные занятия с реальной материальной базой подразделяются на несколько видов в зависимости от материальных возможностей учебной организации. Так в идеале оснащённая лаборатория имела бы разнообразное необходимое оборудование и измерительные приборы различных видов и типов и всю остальную необходимую для проведения экспериментов атрибутику, причём в количестве, охватывающем потребность как минимум одной учебной группы. В такой лаборатории каждый студент мог бы самостоятельно провести необходимые опыты, непосредственно участвуя в организации эксперимента.

На деле же студенты, в лучшем случае, чаще всего лишаются возможности поставить эксперимент самостоятельно, выбрать необходимый прибор или оборудование. Чаще всего всё уже выбрано и установлено за студента. Стендов и установок как правило чаще всего не хватает чтобы обеспечить соотношение «один студент – одна установка», и в итоге лабораторные работы выполняются группами по несколько человек. Так лабораторная работа ещё больше теряет свою эффективность, в силу того что непосредственно эксперимент выполняет

как правило один человек, а остальные занимаются наблюдением или фиксацией результатов. Такой ход лабораторных занятий является традиционным в реалиях нашего образования.

В других случаях студент вообще не допускается к лабораторной установке, и эксперимент выполняется опытным преподавателем. Как правило, это происходит из-за невозможности частой эксплуатации оборудования, не редко устаревшего, снятого с производства и вообще имеющегося в единственном экземпляре. Или если материал необходимый для испытания слишком громоздок, дорог, опасен или опять же ограничен количеством. При таком лабораторном практикуме студент исполняет роль пассивного наблюдателя, что по эффективности сродни просмотру видео из интернета. Такой вид лабораторных занятий является демонстрационным.

Существует ещё сравнительно молодой и перспективный вид организации лабораторных работ – удалённый. Его суть состоит в удалённом доступе к автоматизированным учебным стендам.

Все вышеперечисленные способы проведения лабораторных работ имеют место быть, и естественно возможность использования того или иного вида организации лабораторных работ зависит от финансирования которое может позволить учебная организация.

Для рассматриваемого направления можно построить необходимые лабораторные работы по «ОИТОД» на реальном оборудовании, естественно разработав методические указания, но этому препятствует несколько обстоятельств:

- необходимое для лабораторных работ оборудование отсутствует в рамках площадки на которой обучается рассматриваемое направление;
- выездные занятия в имеющихся лабораториях на базе университета требуют дополнительных временных и финансовых затрат, а также перепланировки расписания занятий;
- оборудование лаборатории в шаговой доступности требует поиска свободного помещения, что в сложившейся аварийной ситуации (разрушение

одного из учебных корпусов) вызовет некоторые трудности, а так же потребуются немалые финансовые вложения на оборудование и обслуживание.

Исходя из совокупности всего вышесказанного, с отсылкой на подпункт 7.3.1 ФГОС ВО, возможным способом решения проблемы с отсутствием реальной материальной базы для построения лабораторных работ, является построение лабораторных работ в виртуальной среде.

Такие лабораторные работы будут иметь ряд неоспоримых преимуществ:

- исключается необходимость дополнительных финансовых затрат, так как необходимые программные продукты, а именно КОМПАС 3-D и SolidWorks, уже установлены в имеющемся компьютерном классе на площадке в рамках которой обучается направление;

- возможность моделировать процессы невозможные даже при наличии реального оборудования, например из-за размеров испытуемого образца или ограниченности возможностей оборудования;

- увеличивается вариативность заданий, благодаря возможности неограниченное количество раз менять условия эксперимента, в связи с этим каждый студент может получить совершенно индивидуальное задание;

- каждый студент получает возможность самостоятельно и индивидуально организовать опыт, провести его, обработать результаты;

- неограниченный лимит повторов эксперимента;

- исключения поломки дорогостоящего оборудования, в случае ошибки допущенной студентом при постановке эксперимента;

- более наглядная визуализация исследуемых процессов;

- возможность удалённого проведения лабораторных работ;

- безопасность.

Недостатком же виртуальных лабораторных работ является то, что они не могут в полной мере восполнить опыт, получаемый от работы на реальном оборудовании с реальными образцами из-за отсутствия непосредственного контакта с объектом исследования, а так же то что перечень лабораторных работ

которые можно смоделировать ограничен возможностями виртуальных сред в которых их разрабатывают.

По итогу, за неимением альтернатив в силу многих обстоятельств, виртуальные лабораторные работы – это отличная возможность с минимальными затратами улучшить достижение результатов обучения, по сравнению с учебным процессом в котором лабораторные работы отсутствуют вообще, тем более что специфика направления и профиля позволяет использовать такую замену.

2 Изучение имеющегося опыта в построении лабораторных комплексов, создании методических указаний и проведении лабораторных работ

2.1 Опыт построения реального эксперимента

В большинстве высших учебных заведений лабораторный практикум проводится с использованием реального оборудования – разнообразных стендов и установок.

Так для лабораторной работы по нахождению механических свойств материалов проводится испытание образца на разрывной машине. Предварительно измеренный образец закрепляют в зажимы машины и путём приложения растягивающего усилия разрывают его. Во время испытания самописец разрывной машины рисует машинную диаграмму растяжения (рисунок 1) в системе координат сила - абсолютное удлинение.

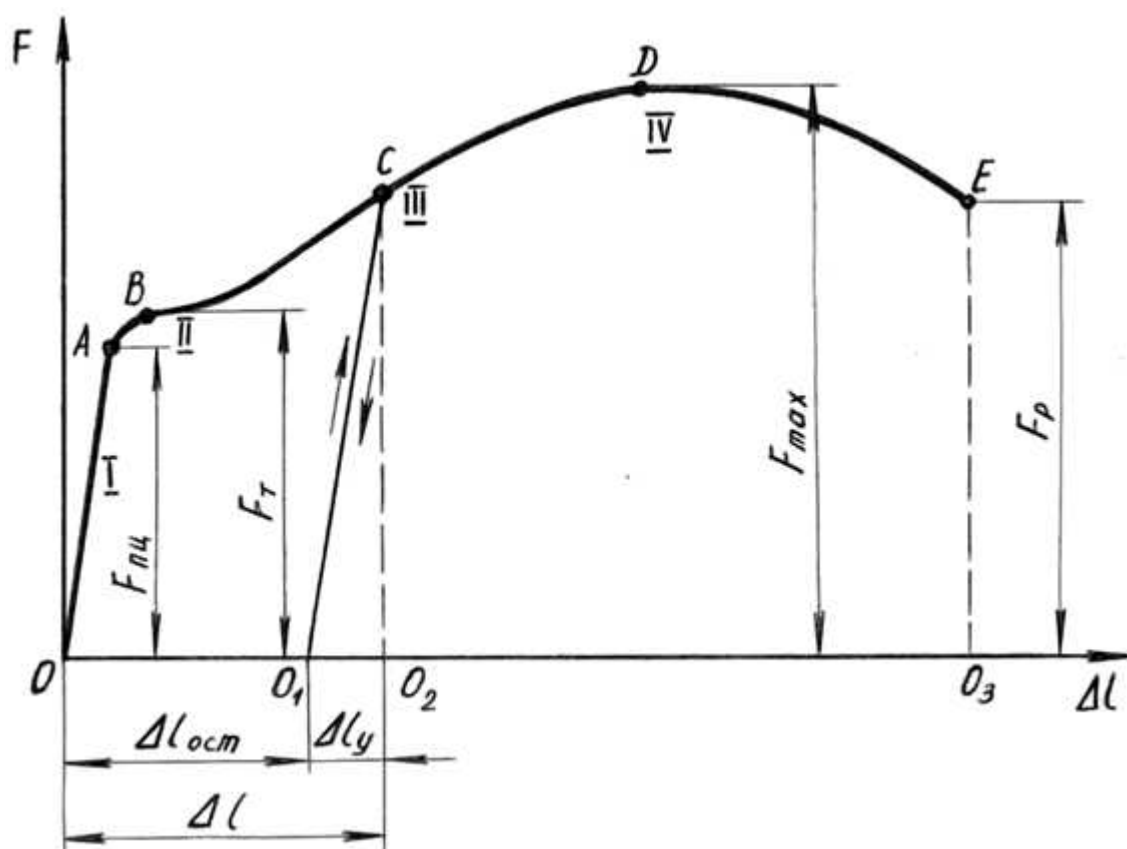


Рисунок 1 – Машинная диаграмма растяжения

По оси ординат можно определить усилие, приложенное к образцу в определённый момент испытания, а по оси абсцисс – на сколько увеличилась длина образца. После разрыва образец снимается с установки и повторно обмеряется. Затем диаграмма анализируется и с помощью полученных при замерах и испытании данных производится расчёт прочностных и пластических характеристик материала.

В лабораторной работе по определению центра тяжести сложных сечений используется менее технологичное оборудование.

Установка (рисунок 2) состоит из вертикальной стойки, в которую перпендикулярно вмонтирована игла.

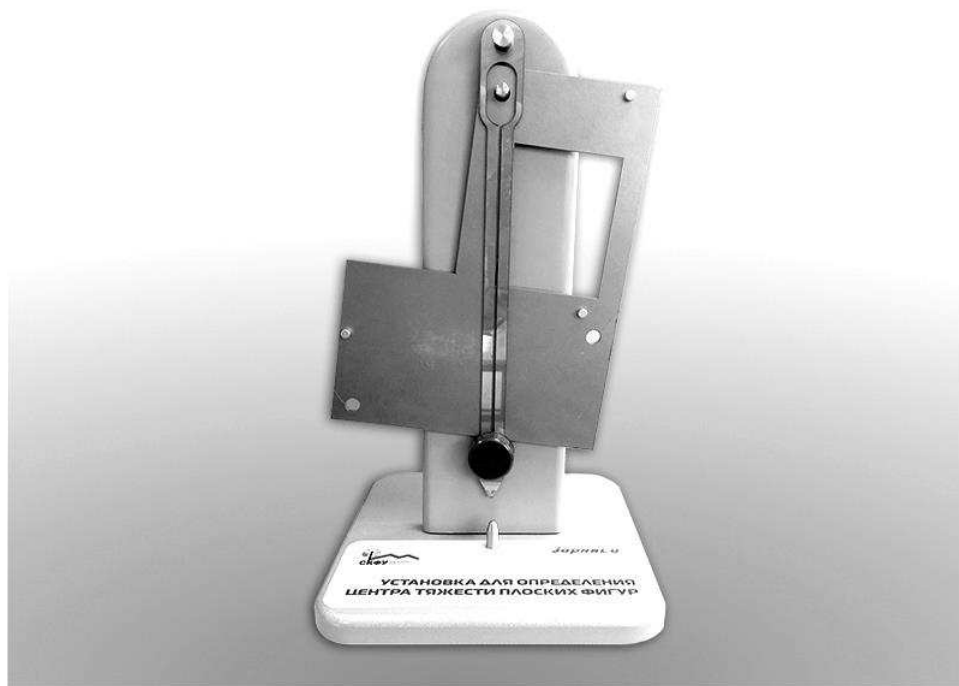


Рисунок 2 – Установка для определения центра тяжести плоских фигур

Плоскую фигуру изготавливают по заданным размерам, из плоского однородного материала, легко поддающегося проколу (картон, жёсть и тд.). В изготовленной фигуре проделывают два отверстия, с гладкими краями и диаметром чуть больше диаметра иглы. Располагают эти отверстия в

произвольных местах и желательно, как можно дальше друг от друга. Далее фигура поочерёдно подвешивается на иглу, за каждое из отверстий. При помощи отвеса, который закреплён на игле, на фигуре чертятся две линии соответствующие разрезу подвеса. Центр тяжести плоской фигуры будет находиться в точке пересечения линий, начерченных при подвешивании фигуры в точках прокола. После проведения эксперимента фигуру совмещают с её изображением на бумаге (с найденным аналитическим путём центром тяжести). При правильно проведённом эксперименте и точных расчётах центры тяжести настоящей и нарисованной фигуры должны совпадать.

В опыте по определению напряжений в балке при плоском поперечном изгибе, используются различные установки. Принцип опыта на всех установках примерно одинаков. Балка закрепляется на двух шарнирных опорах, а затем нагружается силой, сосредоточенной в середине пролёта или силой разделённой на две точки приложения, на равном удалении от середины. Напряжения измеряют с помощью специальных датчиков, преобразующих величину деформации в удобный для измерения сигнал, приклеенных к поверхности балки. Последующий подсчёт полученных данных помогает определить искомые значения.

2.2 Опыт построения виртуальных лабораторных работ

Внедрение виртуальных лабораторных работ в процесс обучения – то чем занимаются на данный момент многие ВУЗы страны. В том числе эта тенденция не обходит стороной и передовые учебные заведения.

Так например кафедра ФН7 «Электротехника и промышленная электроника»[6], располагающаяся на базе Московского государственного технического университета (МГТУ) имени Н. Э. Баумана, находится на пути активной компьютеризации образовательной деятельности и так же активно внедряет виртуальные лабораторные работы. На сайте кафедры существует

целый раздел, посвящённый виртуальным лабораторным работам, который так и называется «Виртуальная лаборатория». МГТУ на данный момент является одним из лучших и престижных технических ВУЗов страны с многолетней историей и опытом работы.

На кафедре «Элементы приборных устройств» того же МГТУ, была разработана виртуальная работа «Исследование КПД винтовой передачи»[7]. Эта лабораторная работа является очень хорошим примером переноса реального опыта в виртуальную среду. При создании данной работы был использован целый комплекс программ для моделирования процессов, 3d объектов, а так же графический движок. Для реализации была создана математическая интерактивная модель реального лабораторного стенда при помощи программы MBTU. Отдельно, при помощи SolidWorks, 3DSMax и графического движка irrlicht была воссоздана анимированная 3D модель реального стенда. При вводе исходных данных эксперимента в таблицы для ввода данных в программе MBTU, программа тут же выдаёт результаты эксперимента, а все процессы отображаются на 3D модели установки в режиме реального времени. Таким образом, в результате реализации реального эксперимента в виртуальной среде, были уменьшены механические и субъективные погрешности, влияющие на результат эксперимента, и отпала необходимость в содержании и обслуживании старого изношенного оборудования. Стоит отметить, что ранее в этом же ВУЗе уже имелся опыт создания подобной лабораторной работы с другой установкой, но при этом использовался немного другой метод, который требовал больших вычислительных ресурсов от компьютера.

Занимающий 7-е место в рейтинге ВУЗов РФ Томский политехнический университет, судя по данным на сайте [8] тоже обладает достаточно широкой базой виртуальных лабораторных работ по различным дисциплинам, но, к сожалению, гостевой доступ к ним невозможен. Но как удалось выяснить, из видеоматериалов с сайта, некоторые лабораторные работы организованы на движке Unity3D, они включают в себя методические указания, интерактивные

модели стендов требующие сборки и подготовки к экспериментам. Такие эксперименты выполняются онлайн, прямо в браузере.

Санкт-Петербургский государственный университет [9], с давних времён располагает базой виртуальных лабораторных работ для школьников и студентов. Все установки и опыты там представлены 2D-анимацией, каким-то образом связанной с математическими моделями опытов. Данные лабораторные работы написаны на языке BARSIC.

Некоторые же вузы в силу своей специфики и верности традициям полностью отвергают лабораторные работы созданные в виртуальной среде. Так знаменитый Московский физико-технический институт (МФТИ) [10] сообщает на своём сайте о непреложном правиле о постановке лабораторных работ только в «железе» и об использовании компьютера лишь как средства измерения или обработки данных. На сайте Московского государственного университета имени Ломоносова [11] данных о наличии виртуальных лабораторных работ созданных на базе ВУЗа тоже не нашлось. Скорее всего, причиной этого является тоже дань традициям старейшего ВУЗа России или отсутствие необходимости в виртуализации лабораторных работ.

Большинство ВУЗов, на сайте которых имеется информация о наличии виртуальных лабораторных работ, размещают сами работы на своих личных, закрытых от глаз постороннего пользователя, электронных учебных ресурсах. Поэтому из общедоступной информации можно почерпнуть только то, что множество передовых вузов нашей страны давно используют виртуальные лабораторные работы как альтернативу реальным установкам, если это не противоречит специфике выпускаемого направления. И лишь по немногим публикациям можно увидеть хотя бы способы реализации. Такой подход достаточно трудно оспорить, ведь подобные разработки являются интеллектуальной собственностью и очень ценным ресурсом в подготовке выпускников.

Методические указания к виртуальным лабораторным работам чаще всего размещаются внутри самих работ, что, несомненно, создаёт удобство, убирая

необходимость постоянно переключать окна программ или отвлекаться в печатное методическое указание. В случаях, когда модель почти полностью повторяет реальную установку, указания пишут по образу и подобию уже существующих методических указаний к реальным лабораторным работам, только изменяя инструкцию по работе с установкой на инструкцию по работе с её моделью. Теоретические данные остаются теми же, форма выполнения отчёта такой же, поэтому острой необходимости в создании кардинально новых методических указаний нет.

В силу своей доступности в сети интернет, естественно для студентов обучающихся в ВУЗах которым принадлежат данные разработки, такие лабораторные работы проводятся как непосредственно в компьютерных классах ВУЗов, так и дистанционно с личных компьютеров.

3 Разработка лабораторных работ по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов»

Для создания лабораторных работ, согласно рабочей программе дисциплины были отобраны четыре темы из модуля «Сопротивление материалов», а именно:

- Лабораторная работа №1. «Испытание металлов на растяжение»;
- Лабораторная работа №2. «Определение центра тяжести сложного сечения»;
- Лабораторная работа №3. «Определение моментов инерции сложного сечения»;
- Лабораторная работа №4. «Определение напряжений при плоском поперечном изгибе балки».

В силу того что на базе площадки на которой обучается направление необходимого для проведения лабораторных работ оборудования просто нет, создание специально оборудованного помещения влечёт за собой немалые финансовые затраты, а организация лабораторных работ на других площадках университета тоже повлечёт за собой затраты, как финансовые так и временные, было решено создать лабораторные работы в различных доступных виртуальных средах. На данный момент такими средами являются КОМПАС-3D и SolidWorks.

Цель первой лабораторной работы заключается в определении механических характеристик металлов. При разработке этой лабораторной работы было определено, что при реальном опыте на растяжение испытуемый образец подвергается разрушению, что математически смоделировать в компьютерной среде доступных программ практически невозможно. Так же во время реального опыта, самописец разрывной машины выдаёт диаграмму растяжения, математическую симуляцию которой получить опять же, никакими компьютерными средствами на данный момент не представляется возможным. В ходе анализа полученной диаграммы можно получить ряд значений, который

в дальнейшем и используется для расчёта механических характеристик металла. Обычно, разрывная установка на базе любой учебной лаборатории – одна. Студенты к работе с ней, как правило, не допускаются, и группа наблюдает за тем, как опытный преподаватель проводит эксперимент. Испытание проводится единожды и получается только одна диаграмма и один разорванный образец на группу или подгруппу.

Одним из возможных способов реализации данной работы в виртуальной среде является создание анимированной 3D-модели любой ныне используемой разрывной машины. По сути, при таком исполнении показывались бы только внешний вид установки, и имитация её работы. Такая работа была бы сродни видеоматериалу с записью процесса разрыва образца, за минусом реалистичности. Исходя из всех этих нюансов, было решено организовать лабораторную работу в виде просмотра видеоматериала, на котором производится испытание реального образца из малоуглеродистой стали на разрывной машине, так же показывается работа самописца. Всё это нужно для того, чтобы студент мог понять принцип реального эксперимента. Поскольку в свободном доступе не имеется необходимого количества машинных диаграмм полученных в ходе реальных испытаний, получаемые в ходе анализа диаграммы данные было решено заменить на уже готовые, с помощью которых студент сможет произвести все необходимые расчёты. Тем самым студент, ознакомившись, пусть дистанционно, но с реальным процессом испытания на растяжение получает практически тот же эффект как и от реального лабораторного практикума проводимого в большинстве учебных заведений. Тем самым лабораторная работа №1 представляет из себя видеоматериал с записью реального эксперимента и набор данных для проведения аналитических расчётов.

Целью второй лабораторной работы является определение центра тяжести сложного сечения. Реальный эксперимент проводится на недорогом и компактном оборудовании. Но даже, несмотря на это, оборудование нужно, как и помещение для него, столы для установок, материал для плоских фигур. При

всём при этом, несущественные ошибки при замере или создании модели плоских фигур приводят к существенным погрешностям. По сути, данную лабораторную работу в виртуальной среде вполне возможно реализовать максимально приближенной к реальной. Используя современные физические движки для создания игр, и знания в программировании можно создать программы, в среде которых плоские физические объекты будут подчиняться законам физики и, допустим, при подвешивании будут принимать положение согласно рассчитанному программой центром тяжести. Поскольку знаний, необходимых для подобной реализации не достаточно, для организации данной лабораторной работы было решено воспользоваться возможностью программы КОМПАС-3D рассчитывать массо-центровочные характеристики плоских фигур. По сути, выполняя ту же задачу что и при проведении реального эксперимента, программа, исключая погрешности возможные при реальном опыте, находит необходимые параметры. Студент, сверяя данные полученные аналитическим путём и опытным, может убедиться в правильности выполненного решения. Лабораторная работа представляет из себя набор чертежей различных сложных сечений.

Третья лабораторная работа помогает научиться определять моменты инерции сложного сечения. Принцип выполнения данной лабораторной работы совпадает с принципом выполнения предыдущей. Студенту так же необходимо выполнить аналитический расчёт искомых данных. Выполняя те же действия что и в прошлой лабораторной работе рассчитать массо-центровочные характеристики исследуемой плоской фигуры в программе КОМПАС-3D, и среди полученных данных найти необходимые. Расчетные данные и данные эксперимента нужно будет сравнить, результаты проанализировать и зафиксировать в отчёте. Для выполнения лабораторной работы используется тот же набор сложных сечений что и в лабораторной работе №2, модели которых предлагается создать студенту.

Четвёртая лабораторная работа по определению напряжений при плоском поперечном изгибе балки разрабатывалась с учётом возможности продукта

SolidWorks проводить статические исследования. Для её реализации было решено создать модели деталей из которых можно собрать конструкцию по своему принципу напоминающую реальную балку, закреплённую на шарнирно-неподвижной и шарнирно-подвижной опорах, как и в реальном эксперименте. По сути, данный эксперимент в виртуальной среде имеет минимальные различия с реальным. Студенту предлагается произвести опыт над виртуальной моделью балки, предварительно собрав её из предлагаемых деталей. Затем смоделировав нагружение этой самой балки силой в двух небольших областях на равном удалении от её середины, студент получает визуализацию распределения напряжений в ней, а при помощи инструмента «зондирование» может определить величину напряжения в нужном месте или узнать максимальный показатель. Естественно, все полученные в ходе опыта данные студенту будет необходимо сравнить с ранее полученными аналитическим путём.

4 Разработка методических указаний к лабораторным работам по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна».

Модуль «Сопротивление материалов»

4.1 Общая структура методических указаний

После создания лабораторных работ, появилась необходимость в методических указаниях к ним, поскольку методические указания являются важнейшим материалом содержащим в себе порядок выполнения лабораторной работы.

В ходе анализа различных методических указаний к лабораторным работам по различным дисциплинам [12; 13; 14; 15; 16; 17; 18] было выяснено что большинство из них имеют в общем схожую структуру. Большинство из рассмотренных методических указаний состояли из: титульного листа, краткой аннотации, содержания, введения или предисловия, основной части, списка использованных источников.

Титульный лист в большинстве случаев содержит в себе название учреждения на базе которого создано методическое указание, авторов методического указания, название методического указания с указанием дисциплины, город и год составления.

В краткой аннотации обычно указывают авторов и рецензентов, содержание методических указаний, для кого разработаны, с какой целью и по какой дисциплине.

Содержание представляет из себя список разделов и подразделов методического указания с номерами страниц.

Во введении или предисловии обычно дают обоснование необходимости разработки методических указаний. Охарактеризовывают значимость разработки. Если методические указания разрабатываются к конкретной дисциплине, то стоит сказать какие цели, задачи у дисциплины, что она

формирует. Определяют цели и дают краткое описание ожидаемых результатов от использования методических указаний.

Основная часть содержит в себе непосредственно указания к проведению лабораторных работ.

В списке источников указываются все источники использованные при составлении методических указаний.

Так же при необходимости методические указания дополняются приложениями содержащими в себе всевозможные табличные данные или варианты заданий.

4.2 Структура основной части методических указаний

Основная часть методических указаний в большинстве случаев имеет схожую структуру. Так в множестве проанализированных методических указаниях основная часть разделялась на такие пункты:

- порядковый номер лабораторной работы;
- тема;
- цель;
- задачи;
- используемое оборудование;
- теоретическая часть;
- описание лабораторной установки
- ход работы;
- вопросы для самопроверки.

Так же в некоторых из рассмотренных методических указаний имелись примеры аналитических расчётов, указания к оформлению отчёта.

В целях лабораторной работы была указана цель которой студенту необходимо было достигнуть в ходе выполнения работы.

В задачах указаны задачи, которые студент должен выполнить для достижения поставленной цели.

В используемом оборудовании указывается список оборудования на котором выполняется эксперимент.

Теоретическая часть является самой объёмной и содержит в себе необходимые для выполнения лабораторной работы теоретические знания, понятия и формулы, описание процессов происходящих в эксперименте.

Описание лабораторной установки содержит в себе описание устройства оборудования, на котором производится эксперимент, принцип его работы.

В ходе работы указывается порядок действий, которые необходимо выполнить студенту для проведения лабораторной работы.

Вопросы для самопроверки содержат в себе вопросы по теме и лабораторной работе, ответы на которые студент должен был усвоить в ходе выполнения лабораторной работы. С их помощью проверяется, насколько хорошо была достигнута цель работы и была ли достигнута вообще.

Указания к оформлению отчёта содержали в себе, как правило то, что должен в себе содержать отчёт и в каком порядке.

4.3 Разработка методических указаний

С опорой на данные полученные из анализа методических указаний сторонних авторов, а так же на принцип выполнения разработанных лабораторных работ, были составлены методические указания к лабораторным работам по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна», модуль «Сопротивление материалов».

Общая структура методических указаний совпадает с множеством методических указаний других авторов, и состоит из таких элементов как:

- титульный лист;
- краткая аннотация;
- содержание;
- введение;
- основная часть;

- список использованных источников.

Основная часть состоит из указаний к выполнению четырёх лабораторных работ, согласно рабочей программы дисциплины.

Структура указаний к каждой работе подобрана индивидуально, с опорой на специфику выполнения работы. Каждая работа имеет тему, цель, задачи, теоретическую часть, некоторые из них имеют примеры решений как аналитически, так и экспериментально, ход работы, индивидуальные указания к оформлению отчёта и контрольные вопросы.

Теоретические части методических указаний к лабораторным работам собраны из различных источников путём подбора информации изложенной в такой форме, в какой она будет лучше всего понятна студенту обучаемого направления. Примеры решения задач аналитическим путём были также собраны из уже готовых примеров. Примеры решения задач опытным путём были созданы на основе моделирования экспериментов по данным из аналитических примеров.

С полным содержимым методических указаний можно ознакомиться в приложении А.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для достижения цели выпускной квалификационной работы было определено четыре задачи.

Первой задачей явился анализ учебной и научной литературы на заданную тему. В ходе её выполнения были проанализированы документы регулирующие учебный процесс бакалавриата по рассматриваемому направлению в целом, и процесс обучения по дисциплине «Основы инженерно-технологического дизайна» в частности. Была обоснована необходимость лабораторных работ, особенно при наличии их в рабочей программе дисциплины, обоснован выбор виртуальных лабораторных работ для разработки.

Второй задачей стало изучение имеющегося опыта учебных заведений в построении лабораторных комплексов, создании методических указаний и проведении лабораторных работ. В этой части работы было выяснено, что множество передовых учебных заведений давно уже внедряет виртуальные лабораторные работы в процесс обучения по разным причинам исключая возможность работы на реальном оборудовании. Были определены основные способы создания таких работ.

В третьей задаче по разработке лабораторных работ были определены темы лабораторных, формы их реализации, и способ проведения. Согласно рабочей программы дисциплины были разработаны четыре лабораторные работы, с учётом специфики направления и профиля.

Для решения последней задачи были разработаны методические указания к созданным лабораторным работам, с учётом стороннего опыта по созданию методических указаний.

В соответствии с поставленной целью и задачами были разработаны лабораторные работы по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна», модуль «Сопротивление материалов», а так же методические указания к ним.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основная образовательная программа высшего образования по направлению подготовки 44.03.04 «Профессиональное обучение (по отраслям)», профилю подготовки «Декоративно-прикладное искусство и дизайн» [Электронный ресурс] : Сайт Сибирского Федерального Университета // – Режим доступа: http://edu.sfu-kras.ru/sites/edu.sfu-kras.ru/files/OOP_podgotovki_bakalavrov_0510000_62_14_2013.doc.
2. Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки 44.03.04 «Профессиональное обучение (по отраслям)» [Электронный ресурс] : Портал Федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования // – Режим доступа: <http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvob/440304.pdf>.
3. Таксономия Блума [Электронный ресурс] : Википедия – свободная энциклопедия // – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Таксономия_Блума.
4. Мижеригов, В. А. Психолого-педагогический словарь для учителей и руководителей общеобразовательных учреждений. / В.А. Мижеригов. – Ростов-на-Дону : Феникс, 1998. – 554с.
5. Учебный план направления подготовки 44.03.04 «Профессиональное обучение (по отраслям)», по профилю подготовки «Декоративно-прикладное искусство и дизайн» [Электронный ресурс] : Сайт Сибирского Федерального Университета // – Режим доступа: http://edu.sfu-kras.ru/sites/edu.sfu-kras.ru/files/Uchebnyy_plan_0510000014_62_OP-13.pdf.
6. Виртуальная лаборатория [Электронный ресурс] : Сайт кафедры ФН7 «Электротехника и промышленная электроника» // – Режим доступа: <http://hoster.bmstu.ru/~fn7/vl.html>.
7. Волочкова, А. А. Разработка виртуального лабораторного стенда по исследованию КПД передачи «винт-гайка» [Электронный ресурс] / А. А.

Волочкова // Молодёжный научно-технический вестник. – 2015. – №11 – Режим доступа: <http://sntbul.bmstu.ru/file/818483.html?s=1>.

8. Виртуальные лабораторные комплексы [Электронный ресурс] : Национальный исследовательский Томский политехнический университет // – Режим доступа: <http://lms.tpu.ru/course/category.php?id=1924>.

9. Виртуальная лаборатория по физике для студентов [Электронный ресурс] : Санкт-Петербургский государственный университет // – Режим доступа: <http://distolymp2.spbu.ru/www/virtlab3>.

10. Кафедра общей физики [Электронный ресурс] : Московский физико-технический институт // – Режим доступа: https://mipt.ru/education/chair/physics/f_6ctihx/index.php?sphrase_id=188681

11. Московский государственный университет им. Ломоносова [Электронный ресурс] : – Режим доступа: <http://www.msu.ru>.

12. Методические указания к лабораторным работам по теоретической механике // сост. Н.А. Мясникова, А.Н. Румянцев, В.П. Шехов. РГУПС, – 2002.

13. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология приборостроения» [Электронный ресурс] // сост. В. А. Валетов, Ю. П. Кузьмин, А. А. Орлова, С. Д. Третьяков СПб ГУ ИТМО, 2008г. – Режим доступа: http://books.ifmo.ru/book/327/metodicheskie_rekomendacii_po_vypolneniyu_laboratornyh_rabot_i_prakticheskikh_rabot_po_discipline_tehnologiya_priborostroeniya.htm

14. Абрамова Л. А. Основы технической механики: методические указания для студентов по проведению практических работ / Абрамова. – Уфа, 2004.

15. Испытания на сжатие : метод. указания // сост. В. П. Багмутов, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев, А. В. Коробов. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. –16 с.

16. Лабораторные работы по курсу сопротивления материалов: метод. указания // сост. А. Х. Валиуллин, М. Н. Серазутдинов, С. Г. Сидорин, Ф. С. Хайруллин. – Казань, 2011. – 64с.

17. Лабораторные работы по сопротивлению материалов. Ч. 1.: метод. указания // В. К. Манжосов. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 28с.

18. Лабораторные работы по сопротивлению материалов для студентов строительных специальностей : учебное пособие // сост. О. Л. Вербицкая, С. И. Зиневич, Л. И. Шевчук. – Минск, 2013. – 97с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Институт педагогики, психологии и социологии
Кафедра современных образовательных технологий

**ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ ПО КУРСУ «ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИЗАЙНА». МОДУЛЬ:
«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ».**

Методические указания

Красноярск 2017

Пайсов С. Л.

Методические указания по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов»: учебное пособие / С. Л. Пайсов. – Красноярск: Сибирский Федеральный Университет, 2017. – 26с.

Данные методические указания разработаны для студентов Сибирского Федерального Университета института педагогики, психологии и социологии. Направление подготовки 44.03.04 «Профессиональное обучение (по отраслям)». Профиль подготовки 44.03.04.14 «Декоративно-прикладное искусство и дизайн».

Методические указания предназначены для проведения лабораторных работ по дисциплине «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна». Модуль «Сопротивление материалов».

Методические указания содержат четыре лабораторные работы, объём и темы которых, определены рабочей программой и учебным планом.

Лабораторные работы рассчитаны на выполнение в течение двух учебных часов.

Оглавление

Введение.....	Ошибка! Закладка не определена.
Лабораторная работа №1	Ошибка! Закладка не определена.
Лабораторная работа №2.....	Ошибка! Закладка не определена.
Лабораторная работа №3.....	Ошибка! Закладка не определена.
Лабораторная работа №4.....	Ошибка! Закладка не определена.
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	Ошибка! Закладка не определена.

ВВЕДЕНИЕ

Комплекс лабораторных работ обеспечивает связь теории с практикой, развивает самостоятельность и способность к постановке и проведению экспериментов, пониманию и интерпретации фактов, к анализу явлений и синтезу, к оценке полученной информации, применению знаний на практике. На уровне учебных дисциплин лабораторные работы обеспечивают знакомство с оборудованием, приборами, средствами измерения, с методикой исследования, пополняя знания фактами, они позволяют определить и проверить теоретические зависимости. Необходимость проведения лабораторных работ для эффективного достижения результатов обучения неоспорима [1].

Разработка и использование учебно-методических комплексов в учебном процессе направлено на повышение эффективности обучения. Это способствует внедрению прогрессивных форм, методов и средств обучения, оптимизации учебного процесса на основе комплексного, системного, целостного подхода к каждому компоненту учебного процесса, к любому виду деятельности преподавателя и учащихся [2].

Выполнение студентами лабораторных работ направлено на:

- обобщение, систематизацию, углубление, закрепление полученных теоретических знаний по конкретным темам дисциплины «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна» модуль «Статика»;
- формирование умений применять полученные знания на практике, реализацию единства интеллектуальной и практической деятельности;
- развитие интеллектуальных умений у будущих специалистов: аналитических, проектировочных, конструктивных и др.;
- выработку при решении поставленных задач таких профессионально значимых качеств, как самостоятельность, ответственность, точность, творческая инициатива [3].

Дисциплина «Основы инженерно-технологического обеспечения дизайна», в дальнейшем ОИТОД, является комплексной технической дисциплиной, включающей в себя основные положения теоретической механики, сопротивления материалов и деталей машин.

Особенность изучения ОИТОД состоит в выполнении комплекса лабораторных работ, главной задачей которого является получение навыков самостоятельной работы для решения различных учебных и профессиональных задач.

Основные цели преподавания дисциплины ОИТОД:

- формирование у студентов аналитической базы проектно-конструкторской деятельности;
- формирование технического мировоззрения, развитие творческого инженерного мышления и кругозора;
- расширение и наполнение предметной области образовательной деятельности выпускника.

Объём и темы лабораторных работ по дисциплине ОИТОД. Модуль «Сопротивление материалов» определены рабочей программой и учебным планом.

Лабораторная работа №1

Тема: Испытание металлов на растяжение.

Цель работы: Определить основные механические характеристики металлов, образцы которых испытаны на растяжение.

Задачи: Ознакомится с процессом испытания металлов на растяжение, с использованием экспериментальных данных определить основные механические характеристики металлов согласно варианту.

1 Теоретические данные

Для изучения свойств материалов под нагрузкой обычно проводят лабораторные испытания образцов, изготовленных из этих материалов. Данные испытания проводятся на специальных испытательных машинах и с их помощью определяют числовые характеристики необходимые для оценки прочности и пластичности материалов. Эти характеристики называются механическими.

Наиболее полно свойства металлов выявляются при испытаниях на растяжение. Для проведения такого лабораторного испытания образец, выполненный по ГОСТ из исследуемого материала, закрепляется в захватах специальной разрывной машины и деформируется растяжением вплоть до разрушения. Самописец машины во время испытания, в виде графика, записывает зависимость между растягивающей силой F и величиной продольной деформации Δl . Такой график называется машинной диаграммой растяжения материала.

Для изучения свойств материала данная диаграмма не совсем подходит, поэтому на её основе строят условную диаграмму растяжения, устанавливающую связь между нормальным напряжением σ и деформацией ε .

При построении условной диаграммы используют формулы:

$$\sigma = \frac{F}{A_0}, \quad (1)$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}, \quad (2)$$

где F – растягивающая сила, A_0 – первоначальная площадь поперечного сечения образца, l_0 – изначальная длина образца, Δl – абсолютное удлинение.

Величины растягивающей силы и абсолютного удлинения берутся из экспериментально полученной диаграммы растяжения.

Рассмотрим условную диаграмму растяжения (Рисунок 1).

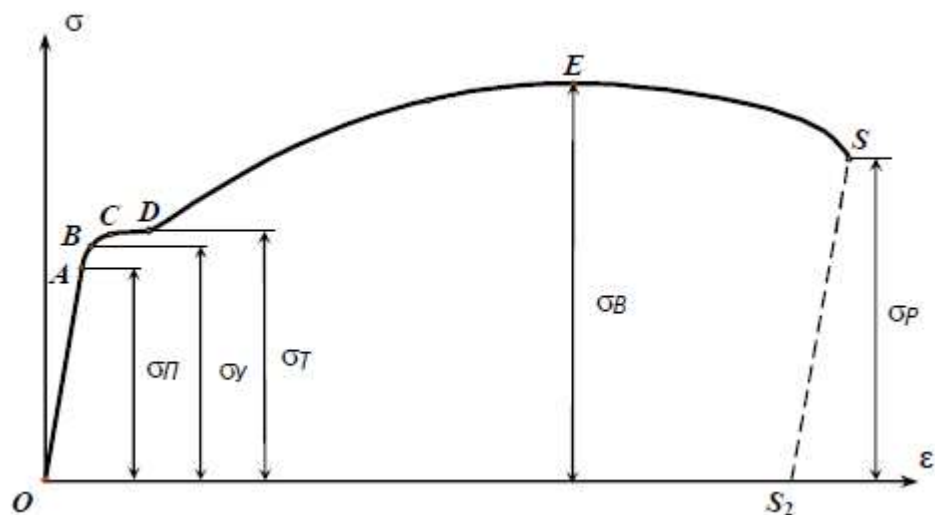


Рисунок 1 – Условная диаграмма растяжения

На этой диаграмме можно отметить ряд ключевых точек – A, B, C, D, E, S . Участок диаграммы OA – прямая наклонная линия, для него соблюдается закон Гука, то есть напряжения σ в образце прямо пропорциональны его деформации ϵ .

$$\sigma = E\epsilon \quad (3)$$

Коэффициент пропорциональности в законе Гука E – модуль упругости материала. Точке A соответствует напряжение σ_{π} – предел пропорциональности.

Предел пропорциональности – наибольшее напряжение, при котором деформация в материале прямо пропорциональна нагрузке, рассчитывается по формуле:

$$\sigma_{\pi} = \frac{F_{\pi}}{A_0}. \quad (4)$$

Очень близко к точке A , на участке где диаграмма начинает искривляться, а следовательно нарушается закон Гука, можно отметить точку B – она соответствует пределу упругости.

Предел упругости – наибольшее напряжение, при котором в материале возникает только упругая деформация, рассчитывается по формуле:

$$\sigma_y = \frac{F_y}{A_0}. \quad (5)$$

От точки C диаграмма имеет горизонтальный участок до точки D – площадка текучести. Этому участку соответствует предел текучести σ_T , на нём материал как бы течёт, деформации растут без увеличения нагрузки.

Пределом текучести – напряжение, при котором деформация возрастает без заметного увеличения нагрузки, рассчитывается по формуле:

$$\sigma_T = \frac{F_T}{A_0}. \quad (6)$$

Площадка текучести ярко выражена только для малоуглеродистых сталей. Для материалов не имеющих данной площадки, предел текучести принимается условно равным напряжению, при котором остаточная деформация образца составляет 0,2%. Эта величина называется условным пределом текучести и обозначается $\sigma_{0,2}$.

Точке E соответствует напряжение σ_B – предел прочности.

Предел прочности – наибольшее напряжение, выдерживаемое материалом до начала разрушения, рассчитывается по формуле:

$$\sigma_B = \frac{F_B}{A_0}. \quad (7)$$

Продольные и поперечные деформации равномерно распределяются по всей длине образца до достижения предела прочности. После, деформации начинают концентрироваться в наиболее слабом месте образца, где образуется местное сужение – шейка.

С этого момента продольная деформация больше зависит от диаметра образца, чем от длины.

За пределами точки E нагрузка начинает падать из-за уменьшения поперечного сечения шейки, и происходит разрыв образца. На диаграмме этому соответствует точка S и напряжение σ_P .

Истинное сопротивление разрыву :

$$\sigma_P = \frac{F_P}{A_{ин}}. \quad (8)$$

Предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, предел прочности и истинное сопротивление разрыву – это прочностные характеристики материалов, определяемые при растяжении.

Пластичность характеризуется относительным удлинением δ и относительным сужением ψ . Для определения этих характеристик необходимо измерить диаметр шейки $d_{ин}$ и длину образца l_p после разрушения. Зная эти величины можно вычислить:

$$\Delta l_p = l_p - l_0, \quad (9)$$

$$A_{ш} = \frac{\pi d_{ш}^2}{4}. \quad (10)$$

А затем рассчитать относительное остаточное удлинение:

$$\delta = \frac{\Delta l_p}{l_0} 100\%, \quad (11)$$

и относительно остаточное поперечное сужение:

$$\psi = \frac{A_0 - A_{ш}}{A_0} 100\%, \quad (12)$$

где $A_{ш}$ – площадь поперечного сечения шейки.

Если относительная остаточная деформация больше 5% материал считается пластичным, если меньше – хрупким.

2 Ход работы

1. Ознакомиться с теоретическими данными по теме.
2. Просмотреть видеоматериал испытания образца на разрывной машине.
3. Используя экспериментальные данные из таблицы 1 построить машинную диаграмму растяжения.
4. Рассчитать по формулам прочностные характеристики металла, относительное удлинение и относительное поперечное сужение образца и занести полученные данные в таблицу 1.
5. Используя полученные данные изобразить условную диаграмму растяжения материала.

3 Содержание отчёта

1. № лабораторной работы, вариант, тема, цель работы.
2. Изображение машинной диаграммы растяжения с нанесёнными ключевыми точками.
3. Вычисление по формулам прочностных характеристик металла, относительного удлинения и относительного поперечного сужения образца.
4. Заполненная таблица 1.
5. Изображение условной диаграммы растяжения с нанесёнными ключевыми точками.
6. Заключение.

4 Контрольные вопросы

1. Назовите и охарактеризуйте зоны диаграммы растяжения пластичной стали.
2. Дайте определение упругих и пластичных деформаций.
3. Что относится к механическим характеристикам материала?
4. Назовите прочностные характеристики материала. Как они определяются?
5. Какие величины относятся к характеристикам пластичности?
6. Упругие деформации. Пластические деформации, определения.

Таблица 1 – Испытание металлов на растяжение

№ вар.	Исходные данные								Расчётные данные					
	$l_0, \text{мм}$	$l_p, \text{мм}$	$d_0, \text{мм}$	$d_{ш}, \text{мм}$	$F_{П}, \text{кН}$	$F_y, \text{кН}$	$F_T, \text{кН}$	$F_B, \text{кН}$	$\sigma_{П}, \text{Н/мм}^2$	$\sigma_y, \text{Н/мм}^2$	$\sigma_T, \text{Н/мм}^2$	$\sigma_B, \text{Н/мм}^2$	$\delta, \%$	$\psi, \%$
1	80	103	8	5.4	9.5	10	10.5	17.5						
2	60	77.7	6	4	6.3	6.5	7.1	11						
3	160	203	16	10.7	45	47	50	85						
4	160	203.4	16	13.6	57	59	59.5	98						
5	80	97.8	8	5.7	14	14.5	15	24						
6	160	195	16	11.3	63	65	70	119						
7	160	194.1	16	11.9	61	62	67	110						
8	200	221.2	20	16.1	180	190	225	310						
9	80	97.1	8	5.8	15	16	17.5	29						
10	100	119.9	10	7.4	30	31	32	55						

Лабораторная работа №2.

Тема: Определение центра тяжести сложного сечения.

Цель работы: Научиться рассчитывать центр тяжести сложного сечения

Задачи: Рассчитать центр тяжести сложного сечения, сравнить данные полученные аналитическим путём с данными полученными в результате опыта.

Оборудование: ЭВМ с предустановленным ПО – КОМПАС-3D.

1 Теоретические данные

Материальные тела состоят из элементарных частиц, положение которых в пространстве определяется их координатами. Силы притяжения каждой частицы к Земле можно считать системой параллельных сил. Равнодействующая всех этих сил называется весом тела или его силой тяжести. Центр тяжести тела – это точка, в которой приложена сила тяжести.

Центром тяжести называется геометрическая точка, которая может находиться как внутри, так и вне тела (например, диск с отверстием, полый шар и т.п.). Практическое значение имеет определение центра тяжести тонких плоских однородных пластин, ведь если учитывать то, что их толщиной обычно можно пренебречь, можно считать, что центр тяжести расположен в плоскости. Если плоскость фигуры совместить с координатной плоскостью xOy , то положение центра тяжести определяется двумя координатами – x_c и y_c .

Центр тяжести простого сечения находится в точке пересечения центральных осей фигуры, представляющей сечение. Если фигура имеет ось симметрии, то эта ось является центральной.

Статический момент составного сечения равен сумме статических моментов элементов этого сечения. Это следует из свойства определенного интеграла, который можно вычислять по частям – свойство аддитивности.

Для определения центра тяжести сложного сечения необходимо разбить его на части представляющие из себя простые фигуры, а затем, найдя статические моменты частей сечения, можно будет найти координаты центра тяжести сложного сечения по формулам:

$$x_c = \frac{S_y}{A} = \frac{S_{y1} + S_{y2} + \dots + S_{yn}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}; \quad (13)$$

$$y_c = \frac{S_x}{A} = \frac{S_{x1} + S_{x2} + \dots + S_{xn}}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}; \quad (14)$$

где A – Площадь сложного сечения (сумма площадей простых фигур, из которых состоит сечение), $S_{y,x}$ – статические моменты сложного сечения относительно соответствующей индексу оси (сумма статических моментов площадей простых фигур, из которых состоит сечение).

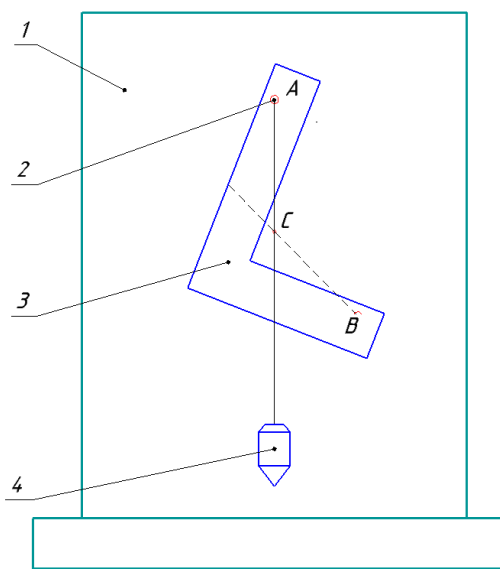
Для определения статических моментов площадей простых фигур необходимо воспользоваться формулами:

$$S_{xn} = y_n \cdot A_n; \quad (15)$$

$$S_{yn} = x_n \cdot A_n; \quad (16)$$

где x_n и y_n координаты центра тяжести простой фигуры по соответствующей оси координат, A_n – площадь простой фигуры.

Для определения координат центра тяжести в условиях реального эксперимента необходима установка для испытания (Рисунок 2).



1 – стойка, 2 – игла, 3 – плоская фигура, 4 – отвес.

Рисунок 2 – Схема реальной установки для опыта

Установка состоит из вертикальной стойки (1), в которую перпендикулярно вмонтирована игла (2). Плоскую фигуру (3) изготавливают по заданным размерам, из плоского однородного материала, легко поддающегося проколу (картон, жест и тд.). В изготовленной фигуре проделывают два отверстия A и B, с гладкими краями и диаметром чуть больше диаметра иглы (2). Располагают эти отверстия в произвольных местах и желательно, как можно дальше друг от друга. Далее фигура поочерёдно подвешивается на иглу, в точках A и B. При помощи отвеса (4), который закреплён на игле (2), на фигуре чертятся две линии соответствующие нити подвеса. Центр тяжести плоской фигуры будет находиться в точке пересечения линий, начерченных при подвешивании фигуры

в точках А и В. После проведения эксперимента фигуру совмещают с её изображением на бумаге (с найденным аналитическим путём центром тяжести). При правильно проведённом эксперименте и точных расчётах центры тяжести настоящей и нарисованной фигуры должны совпадать.

2 Пример:

2.1 Решение задачи аналитическим путём

Найдем центр тяжести для сложной фигуры на рисунке 3. Разбиваем сложную фигуру на две простые, в конкретном примере – на два прямоугольника. Их центры тяжести расположены в точках пересечений линий симметрии.

Дано:

$H=10\text{см};$	$h=2\text{см}$
$L=8\text{см};$	$l=2\text{см}$

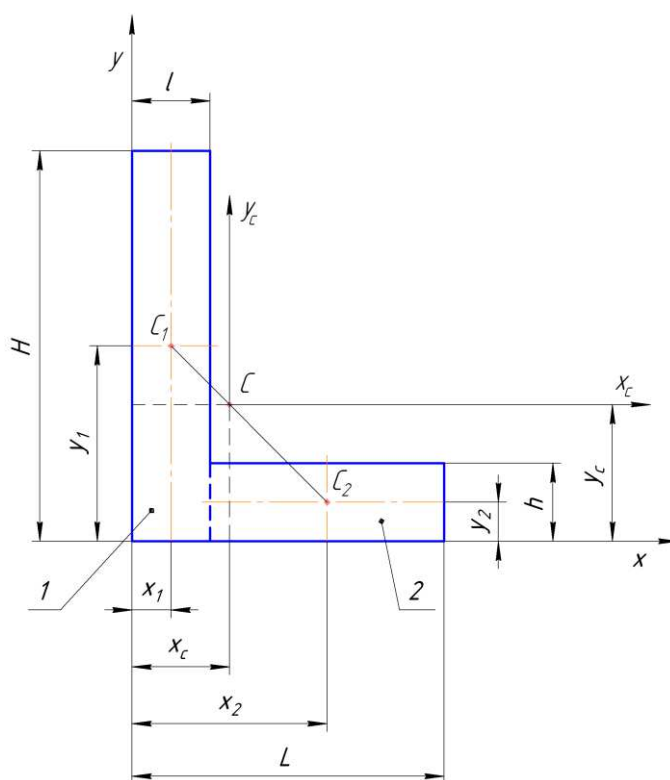


Рисунок 3 – Пример задачи

2.1.1 Координаты центров тяжести и площади простых фигур

$$x_1 = \frac{l}{2} = \frac{2}{2} = 1\text{см};$$

$$x_2 = l + \frac{L-l}{2} = 2 + \frac{8-2}{2} = 5 \text{ см};$$

$$y_1 = \frac{H}{2} = \frac{10}{2} = 5 \text{ см};$$

$$y_2 = \frac{h}{2} = \frac{2}{2} = 1 \text{ см};$$

$$A_1 = l \cdot H = 2 \cdot 10 = 20 \text{ см}^2;$$

$$A_2 = (L-l)h = (8-2)2 = 12 \text{ см}^2.$$

2.1.2 Статические моменты площадей простых фигур

$$S_{x1} = y_1 \cdot A_1 = 5 \cdot 20 = 100 \text{ см}^3; \quad S_{y1} = x_1 \cdot A_1 = 1 \cdot 20 = 20 \text{ см}^3;$$

$$S_{x2} = y_2 \cdot A_2 = 1 \cdot 12 = 12 \text{ см}^3; \quad S_{y2} = x_2 \cdot A_2 = 5 \cdot 12 = 60 \text{ см}^3;$$

2.1.3 Координаты центра тяжести составной фигуры:

$$x_c = \frac{S_{y1} + S_{y2}}{A_1 + A_2} = \frac{20 + 60}{20 + 12} = 2,5 \text{ см}; \quad y_c = \frac{S_{x1} + S_{x2}}{A_1 + A_2} = \frac{100 + 12}{20 + 12} = 3,5 \text{ см}.$$

***Примечание.** Центр тяжести фигуры, составленной из двух частей, лежит на линии, соединяющей центры тяжести простых фигур ее составляющих, причем расстояния до них обратно пропорциональны площадям простых фигур. Если сложная фигура составлена из нескольких простых, то общий центр тяжести находится внутри многоугольника, вершинами которого являются центры тяжести простых фигур.*

2.2 Решение задачи экспериментально

Для решения задачи экспериментальным путём, предлагается воспользоваться программой КОМПАС-3D, а именно её возможностью рассчитывать массо-центровочные характеристики (МЦХ) плоских фигур.

2.2.1 Построение фигуры в соответствии с исходными данными

Для создания модели создаём новый фрагмент.

Сначала строим фигуру данную в задаче, сохраняя все размеры и положение самой фигуры относительно системы координат. Необходимо также сразу разделить фигуру на две простых, как при аналитическом решении (рисунок 4).

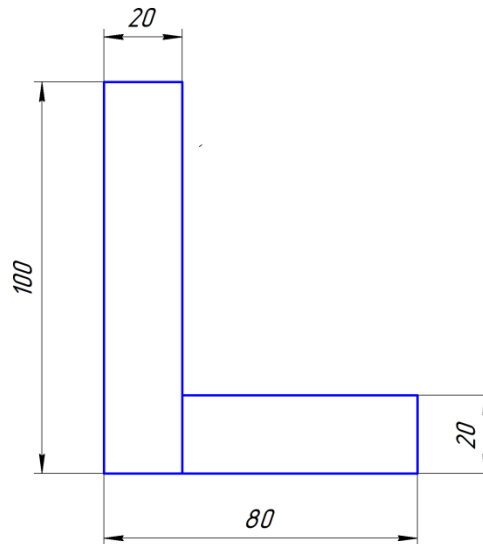


Рисунок 4 – Построенная фигура

2.2.2 Координаты центров тяжести и площади простых фигур

Проводим расчёт МЦХ для каждой простой фигуры в отдельности. Для этого в компактной панели нажимаем (измерения 2D), а затем в открывшемся меню (расчёт МЦХ плоских фигур), или Сервис→МЦХ→Плоских фигур.

После, в панели свойств жмём на иконку (обход границы по стрелке), и указываем границы первой из простых фигур. В открывшемся окне «Информация» отображаются искомые значения (рисунок 5):

Информация		⌵ ×
Файл Редактор		
Площадь	S = 20.000000 см ²	
Центр масс	X _с = 1.000000 см	
	Y _с = 5.000000 см	

Рисунок 5 – Результат эксперимента

Повторяем все действия для второй простой фигуры, получаем результат (рисунок 6):

Информация		⌵ ×
Файл Редактор		
Площадь	S = 12.000000 см ²	
Центр масс	X _с = 5.000000 см	
	Y _с = 1.000000 см	

Рисунок 6 – Результат эксперимента

2.2.3 Координаты центра тяжести составной фигуры

Для определения координат центра тяжести составной фигуры необходимо повторить действия из предыдущего пункта в отношении уже всей фигуры. Результат также будет доступен в окне «Информация» (рисунок 7).

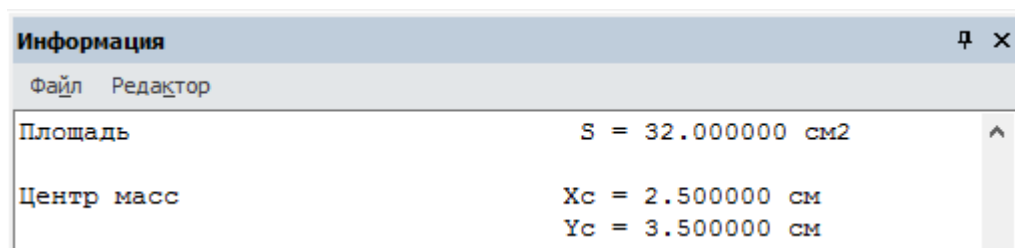


Рисунок 7 – Результат эксперимента

Как видно данные, полученные экспериментально, полностью совпали с результатами, полученными аналитическим путём.

Примечание. Если каждый раз после расчёта МЦХ в панели свойств нажимать кнопку «Центр масс», центры тяжести отобразятся графически на модели. Проведя линию от центра тяжести одной простой фигуры к центру тяжести другой, можно ещё раз убедиться в том, что центр тяжести фигуры, составленной из двух частей, лежит на линии, соединяющей центры тяжести простых фигур ее составляющих.

3 Ход работы

1. Ознакомиться с теоретическими данными.
2. Начертить плоскую фигуру с системой координат согласно варианту из таблицы 3, расставить размеры.
3. Разбить сложную фигуру на простые части, пронумеровать их, аналитически найти центр тяжести и площадь каждой из них (обратите внимание на расположение системы координат).
4. Аналитически вычислить координаты центра тяжести всей фигуры относительно заданной системы координат.
5. Полученные результаты отобразить графически на рисунке и занести в таблицу 2 для данных аналитических расчётов.

Таблица 2 – Данные аналитических расчётов

№ пр. фигуры	$x, \text{ см}$	$y, \text{ см}$	$A, \text{ см}^2$	$S_x, \text{ см}^3$	$S_y, \text{ см}^3$	$x_c, \text{ см}$	$y_c, \text{ см}$
Составная фигура							

6. Построить фигуру в программе КОМПАС-3D, разбить её на простые части.

7. Произвести расчёты МЦХ для каждой из частей отдельно, а затем для всей фигуры полностью.

8. Полученные экспериментальным путём значения сравнить со значениями полученными аналитически.

9. Оформить отчёт.

4 Содержание отчёта

1. № лабораторной работы, вариант, тема, цель работы.

2. Чертёж фигуры, с нанесёнными размерами, разбиением на простые фигуры, нумерацией простых фигур, а так же указанными центрами тяжести простых частей и всей фигуры с указанием их координат.

3. Заполненная таблица 2.

4. Вычисление координат центров тяжести и площади простых фигур, статических моментов площадей простых фигур и координат центра тяжести составной фигуры по формулам.

5. Координаты центра тяжести, полученные опытным путём.

6. Заключение.

5 Контрольные вопросы

1. Что называется центром тяжести тела?

2. Записать формулы для определения координат центра параллельных сил.

3. Записать формулы для определения координат центра тяжести тонкой однородной пластины.

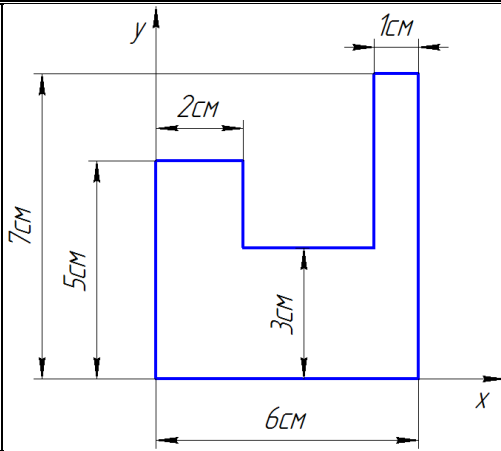
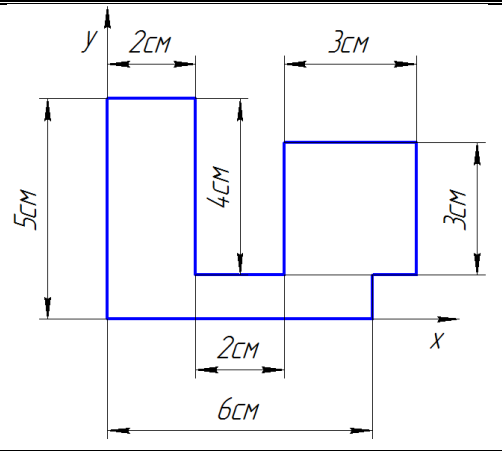
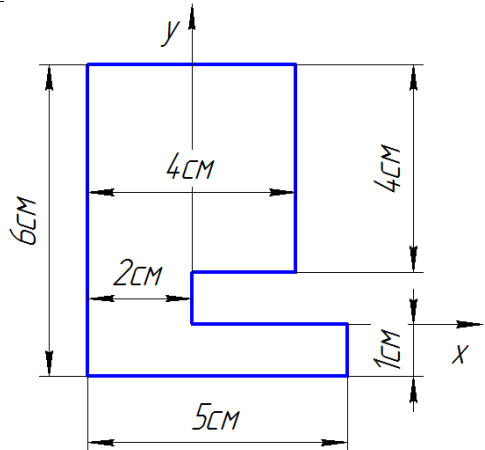
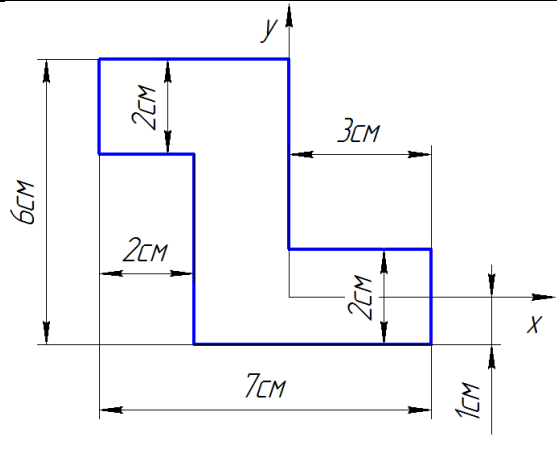
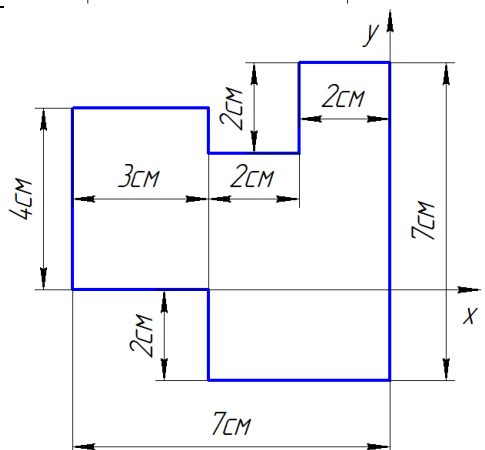
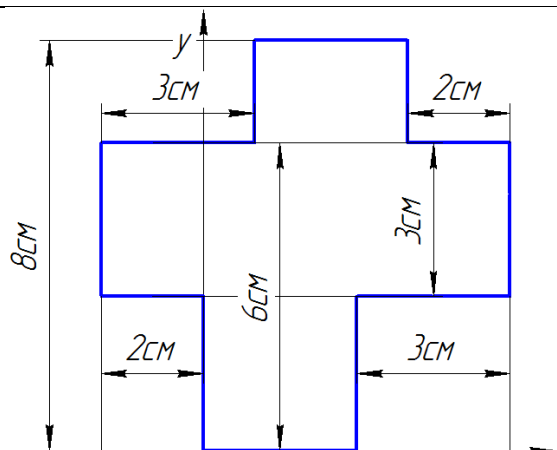
4. Что называется статическим моментом площади плоской фигуры относительно оси? В каком случае он равен нулю?

5. Как определить координаты центров тяжести простых геометрических фигур, их площади?

6. Как определить координаты центров тяжести стандартных прокатных профилей, их площади?

7. Как определить положение центра тяжести плоской фигуры сложной формы?

Таблица 3 – Исходные данные для ЛР№ 2, 3

№ вар.	Сложное сечение	№ вар.	Сложное сечение
1		2	
3		4	
5		6	

Лабораторная работа №3.

Тема: Определение моментов инерции сложного сечения.

Цель работы: Рассчитать моменты инерции относительно центральных осей, параллельных основанию и высоте, центробежный момент инерции, величины главных центральных моментов инерции, сравнить данные полученные аналитическим путём с данными полученными в результате опыта.

Оборудование: ЭВМ с предустановленным ПО – КОМПАС 3D.

1 Теоретические данные

Момент инерции – распространенная на всю площадь сумма произведений элементарных площадок dA на квадраты расстояний от них до этой оси.

Главные моменты инерции – это моменты инерции относительно главных осей, и вычисляются они по формуле:

$$I_{max,min} = \frac{I_x + I_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2}; \quad (17)$$

где I_x и I_y – моменты инерции относительно центральных осей параллельных основанию и высоте, I_{xy} – центробежный момент инерции.

Относительно них центробежный момент инерции равен нулю.

I_x или I_y для сложных сечений составляет сумму I_x или I_y фигур из которых сечение состоит. Для прямоугольника шириной b и высотой h например существует формула:

$$I_x = \frac{bh^3}{12}; \quad (18)$$

$$I_y = \frac{hb^3}{12}. \quad (19)$$

Для квадрата со стороной b :

$$I_x = I_y = \frac{b^4}{12}. \quad (20)$$

Для круга:

$$I_x = I_y = \frac{\pi D^4}{64}. \quad (21)$$

Центробежный момент инерции сложного сечения, представляет из себя взятую по всей площади сумму произведений элементарных площадок на расстояние до двух взаимно перпендикулярных осей

2 Пример

2.1 Решение задачи аналитическим путём

Для задачи возьмём фигуру из примера лабораторной работы №2, некоторые из необходимых данных уже известны.

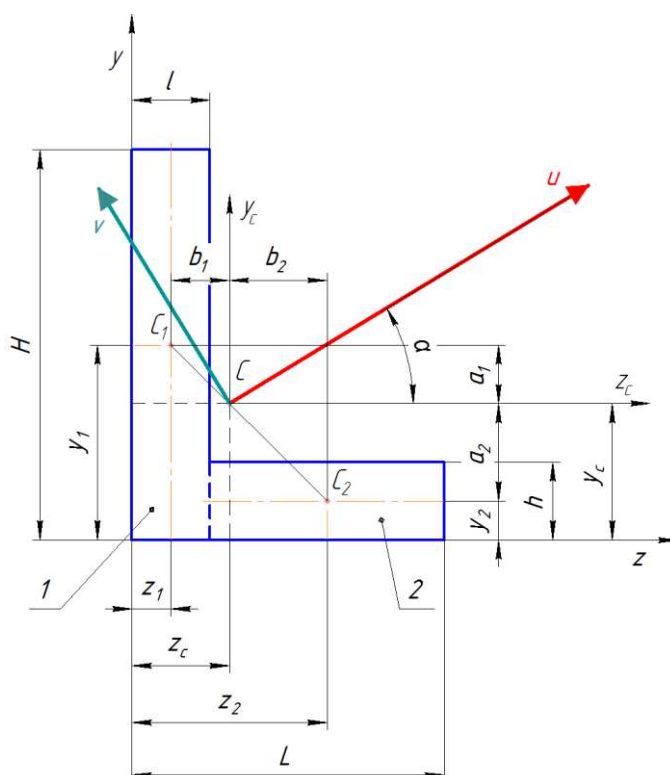


Рисунок 8 – Фигура для примера

2.1.1 Расстояния между центральной осью составной фигуры и собственными центральными осями элементов

$$a_1 = y_1 - y_c = 5 - 3,5 = 1,5 \text{ см};$$

$$a_2 = y_2 - y_c = 1 - 3,5 = -2,5 \text{ см};$$

$$b_1 = x_1 - x_c = 1 - 2,5 = -1,5 \text{ см};$$

$$b_2 = x_2 - x_c = 5 - 2,5 = 2,5 \text{ см};$$

2.1.2 Моменты инерции относительно центральных осей, параллельных основанию и высоте

$$I_x = \left[\frac{l \cdot H^3}{12} + a_1^2 A_1 \right] + \left[\frac{(L-l) \cdot h^3}{12} + a_2^2 A_1 \right] = \\ = \left[\frac{2 \cdot 10^3}{12} + 1,5^2 \cdot 20 \right] + \left[\frac{(8-2) \cdot 2^3}{12} + (-2,5)^2 \cdot 12 \right] = 212 + 75 = 287 \text{ см}^4$$

$$I_y = \left[\frac{l^3 \cdot H}{12} + b_1^2 A_1 \right] + \left[\frac{(L-l)^3 \cdot h}{12} + b_2^2 A_2 \right] = \\ = \left[\frac{2^3 \cdot 10}{12} + (-1,5)^2 \cdot 20 \right] + \left[\frac{(8-2)^3 \cdot 2}{12} + 2,5^2 \cdot 12 \right] = 52 + 111 = 163 \text{ см}^4$$

2.1.3 Центробежный момент инерции

$$I_{xy} = [0 + a_1 b_1 A_1] + [0 + a_2 b_2 A_2] = \\ = [1,5(-1,5)20] + [(-2,5)2,5 \cdot 12] = -120 \text{ см}^4$$

2.1.4 Величины главных центральных моментов инерции

$$I_{max} = \frac{I_x + I_y}{2} + \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2} = \frac{287 + 163}{2} + \sqrt{\left(\frac{287 - 163}{2}\right)^2 + (-120)^2} \\ = 360 \text{ см}^4;$$

$$I_{min} = \frac{I_x + I_y}{2} - \sqrt{\left(\frac{I_x - I_y}{2}\right)^2 + I_{xy}^2} = \frac{287 + 163}{2} - \sqrt{\left(\frac{287 - 163}{2}\right)^2 + (-120)^2} \\ = 90 \text{ см}^4;$$

2.2 Решение задачи экспериментально

Для решения задачи экспериментальным путём, предлагается воспользоваться программой КОМПАС-3D, а именно её возможностью рассчитывать массо-центровочные характеристики (МЦХ) плоских фигур.

2.2.1 Построение фигуры в соответствии с исходными данными

Для создания модели создаём новый фрагмент.

Сначала строим фигуру данную в задаче, сохраняя все размеры и положение самой фигуры относительно системы координат (рисунок 9).

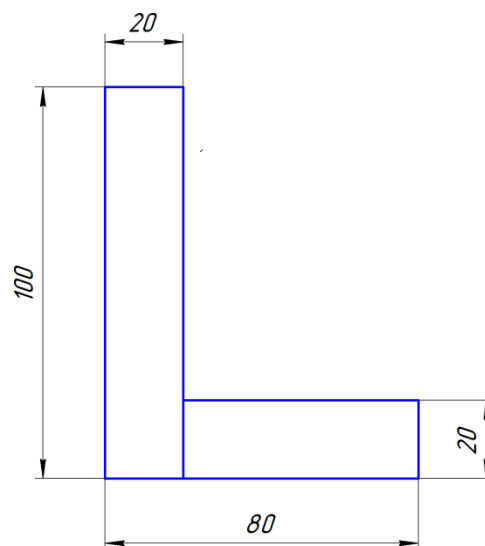


Рисунок 9 – Построенная фигура

2.2.2 Получение экспериментальных данных

Проводим расчёт МЦХ для всей фигуры. Для этого в компактной панели нажимаем (измерения 2D), а затем в открывшемся меню (расчёт МЦХ плоских фигур), или Сервис→МЦХ→Плоских фигур.

После, в панели свойств жмём на иконку (обход границы по стрелке), и указываем границы всей фигуры. В открывшемся окне «Информация» (рисунок 10) отображаются искомые значения:

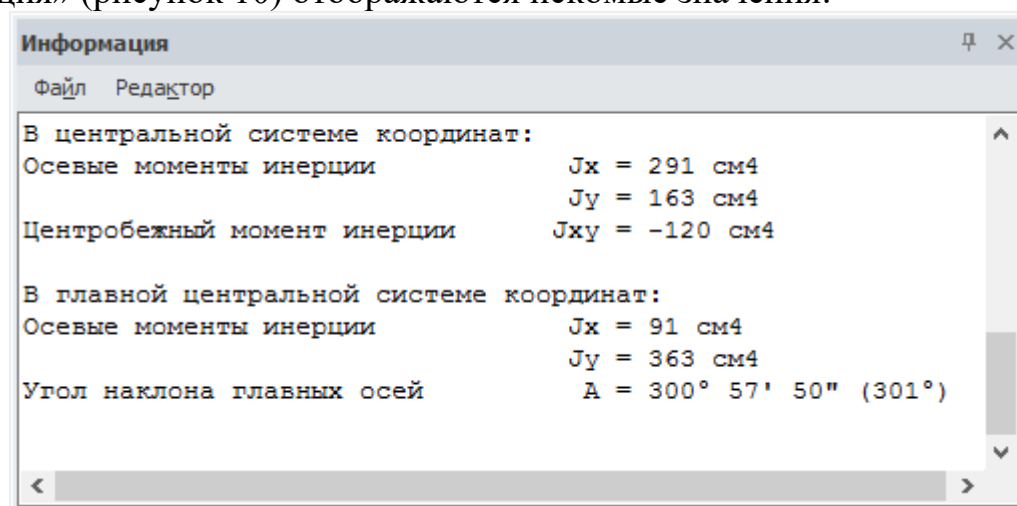


Рисунок 10 – Результаты эксперимента

3 Ход работы

1. Ознакомиться с теоретическими данными.
2. Начертить плоскую фигуру с системой координат согласно варианту из таблицы 3, расставить размеры.

3. Разбить сложную фигуру на простые части, пронумеровать их, аналитически найти центр тяжести каждой из них (обратите внимание на расположение системы координат).

4. Аналитически вычислить координаты центра тяжести всей фигуры относительно заданной системы координат.

5. Полученные результаты отобразить графически на рисунке и занести в таблицу 3 для данных.

6. Вычислить расстояния между центральной осью составной фигуры и собственными центральными осями элементов.

7. Используя формулы из теоретической части аналитически определить: моменты инерции относительно центральных осей, параллельных основанию и высоте; центробежный момент инерции; величины главных центральных моментов инерции. Данные занести в таблицу 4.

Таблица 4 – данные эксперимента

Данные	$I_{xc}, \text{см}^4$	$I_{yc}, \text{см}^4$	$I_{xc yc} \text{см}^4$	$I_{max}, \text{см}^4$	$I_{min}, \text{см}^4$
Аналитические					
Экспериментальные					
Абс. погрешность					

8. Построить фигуру в программе КОМПАС-3D.

9. Произвести расчёты МЦХ для всей фигуры полностью.

10. Полученные экспериментальным путём значения сравнить со значениями полученными аналитически, в случае отличий в результатах определить абсолютную погрешность. Данные занести в таблицу 3.

11. Оформить отчёт.

4 Содержание отчёта

1. № лабораторной работы, вариант, тема, цель работы.

2. Чертёж фигуры, с нанесёнными размерами, разбиением на простые фигуры, нумерацией простых фигур, а так же указанными центрами тяжести простых частей и всей фигуры с указанием их координат.

3. Вычисление координат центров тяжести и площади простых фигур, статических моментов площадей простых фигур и координат центра тяжести составной фигуры, расстояния между центральной осью составной фигуры и собственными центральными осями элементов, моментов инерции относительно центральных осей, параллельных основанию и высоте, центробежного момента инерции; величин главных центральных моментов инерции.

4. Данные полученные опытным путём.

5. Определение погрешности.

6. Заполненная таблица.

7. Заключение.

5 Контрольные вопросы

1. Что называется статическим моментом площади относительно оси?
2. Как определяется статический момент площади сложной формы относительно оси?
3. Что называется осевым и центробежным моментами инерции сечения?
4. Относительно каких осей центробежный момент инерции сечения равен нулю?
5. Какие оси называются главными?
6. Приведите формулы для определения моментов инерции наиболее распространенных простых фигур относительно их центральных осей.
7. По каким формулам определяются осевые и центробежный моменты инерции сечения сложной формы?

Лабораторная работа №4.

Тема: Определение напряжений при плоском поперечном изгибе балки.

Цель работы: Научиться определять напряжения, возникающие в балке при плоском поперечном изгибе.

Задачи: Рассчитать максимальное напряжение аналитическим путём и найти в результате опыта. Полученные данные сравнить.

Оборудование: ЭВМ с предустановленным ПО – SolidWorks.

1 Теоретические данные

При расчете балки на изгиб одной из важнейших является задача определения ее прочности. Плоский изгиб называется поперечным, если в поперечных сечениях балки возникает два внутренних силовых фактора: M – изгибающий момент и Q – поперечная сила, и чистым, если возникает только M . В поперечном изгибе силовая плоскость проходит через ось симметрии балки, являющейся одной из главных осей инерции сечения.

При изгибе балки одни слои ее растягиваются, другие сжимаются. Между ними находится нейтральный слой, который лишь искривляется, не изменяя при этом своей длины. Линия пересечения нейтрального слоя с плоскостью поперечного сечения совпадает со второй главной осью инерции и называется нейтральной линией (нейтральной осью).

От действия изгибающего момента в поперечных сечениях балки возникают нормальные напряжения, определяемые по формуле:

$$\sigma = \frac{M}{I} y, \quad (22)$$

где M – изгибающий момент в рассматриваемом сечении, I – момент инерции поперечного сечения балки относительно нейтральной оси, y – расстояние от нейтральной оси до точки, в которой определяются напряжения. Из этой формулы видно, что нормальные напряжения в сечении балки по её высоте линейны и достигают максимального значения в наиболее удалённых точках от нейтрального слоя, из чего выходит:

$$\sigma_{MAX} = \frac{M_{MAX}}{I} y_{MAX} = \frac{M_{MAX}}{W_z}, \quad (23)$$

где W_z – осевой момент сопротивления поперечного сечения.

Для определения изгибающего момента нужно построить эпюру моментов.

Для определения осевого момента сопротивления сечения используют формулы:

для прямоугольника:

$$W_z = \frac{b \cdot h^2}{6}, \quad (24)$$

где b – ширина сечения балки, h – высота сечения балки;

для круга:

$$W_z = \frac{\pi}{32} D^3. \quad (25)$$

2 Пример

2.1 Решение задачи аналитическим путём

Дана балка прямоугольного сечения (рисунок 11), закреплённая на двух опорах.

Дано:

$b, \text{мм}$	$h, \text{мм}$	$l, \text{м}$	$P, \text{кН}$
60	100	1	8

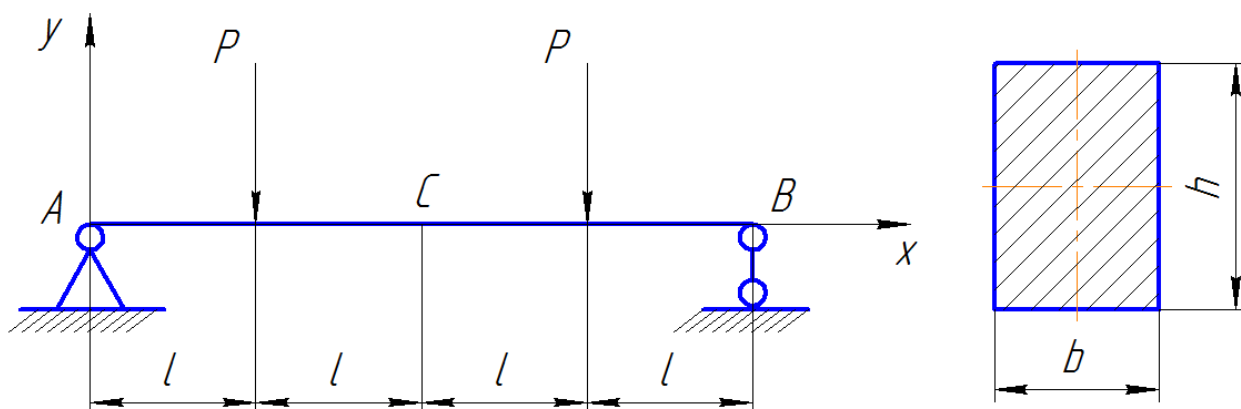


Рисунок 11 – Исходные данные задачи

К балке приложены две силы P . Необходимо найти σ_{MAX} .

Расставив реакции опор и поделив балку на три участка (рисунок 12), находим значения необходимые для построения эпюры моментов.

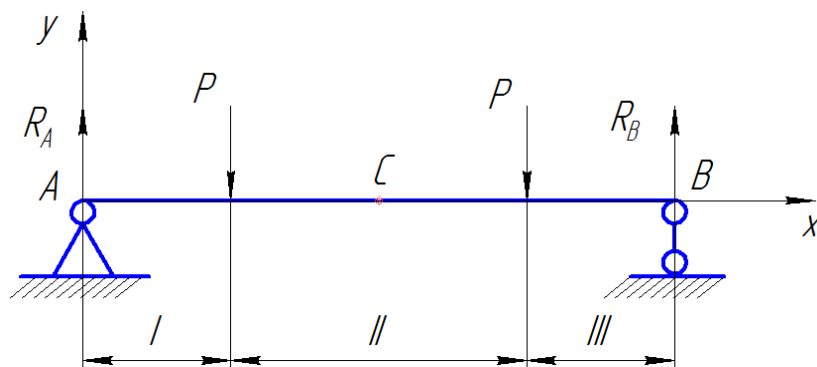


Рисунок 12 – Промежуточный этап решения задачи

Участок I ($0 \leq x \leq 1$):

$$M_I(x) = R_A x = 8x.$$

Значения М на краях отрезка:

$$M_I(0) = 8 \cdot 0 = 0;$$

$$M_I(1) = 8 \cdot 1 = 8 \text{ кНм}.$$

Участок II ($1 \leq x \leq 3$):

$$M_{II}(x) = R_A x - P(x - l) = 8x - 8(x - 1) = 8.$$

Значения М на краях отрезка:

$$M_{II}(1) = 8 \text{ кНм};$$

$$M_{II}(3) = 8 \text{ кНм}.$$

Участок III ($3 \leq x \leq 4$):

$$M_{III}(x) = R_A x - P(x - l) - P(x - 3l) = 8x - 8(x - 3) = -8x + 32.$$

Значения М на краях отрезка:

$$M_{III}(3) = -8 \cdot 3 + 32 = 8 \text{ кНм};$$

$$M_{III}(4) = -8 \cdot 4 + 32 = 0.$$

Используя полученные данные, строим эпюру (рисунок 13).

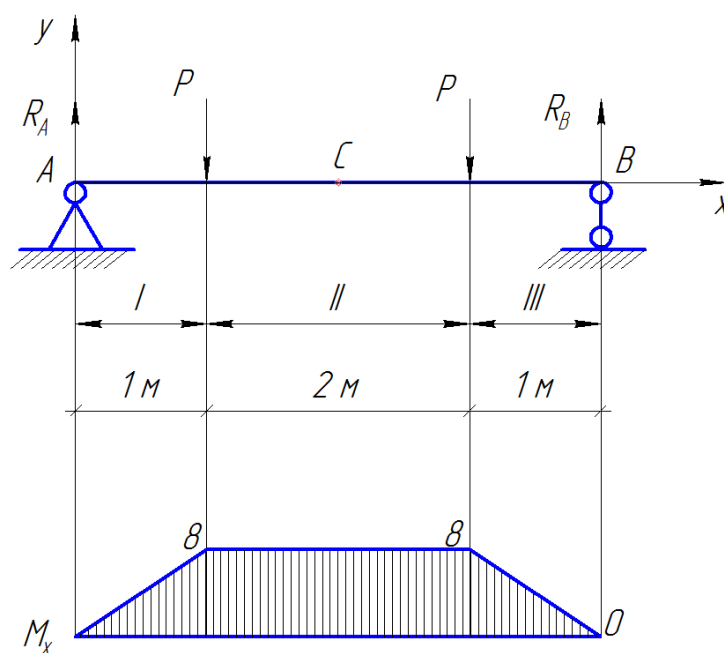


Рисунок 13 – Эпюра моментов

По эпюре видно что момент в точке С максимальный, теперь можно определить для неё максимальное напряжение. Для этого сперва необходимо найти осевой момент напряжения по формуле, а затем и само максимальное напряжение по формуле:

$$W_z = \frac{b \cdot h^2}{6} = \frac{60 \cdot 100^2}{6} = 100\,000 \text{ мм}^3 = 0,0001 \text{ м}^3;$$

$$\sigma_{MAX} = \frac{M_{MAX}}{W_z} = \frac{8000}{0,0001} = 80 \text{ МПа}.$$

2.2 Решение задачи экспериментально

Для решения задачи экспериментальным путём предлагается воспользоваться программной средой SolidWorks.

Изначально необходимо создать сборку из балки и двух крепежей, как показано на рисунке 14.

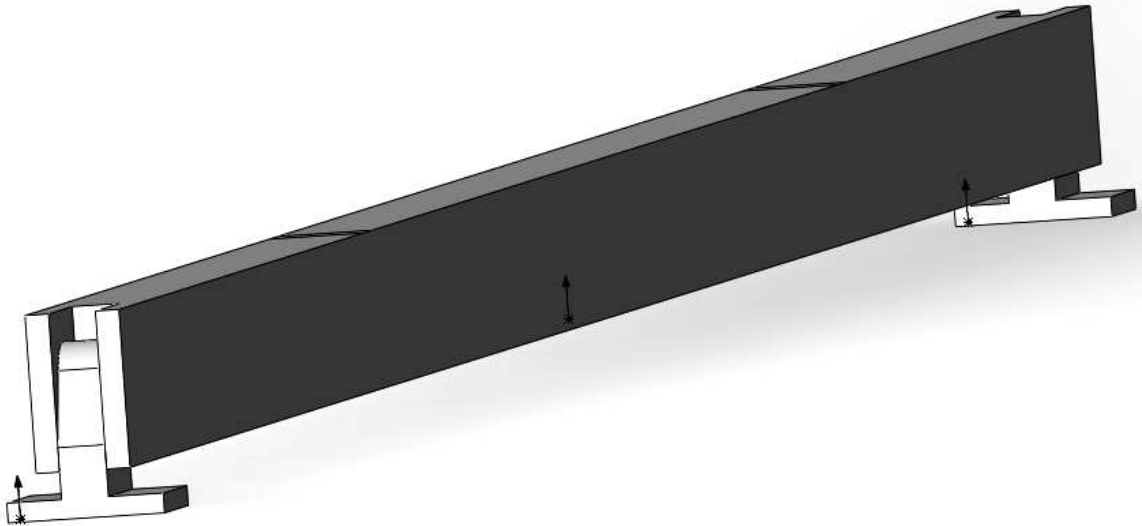


Рисунок 14 – Сборка модели балки

Затем нужно создать статический эксперимент в SolidWorks Simulation.

Для осуществления эксперимента необходимо выполнить ряд условий в дереве эксперимента:

1. У всех деталей сборки должен быть задан материал.
2. Одна из опор должна быть закреплена неподвижно, а вторая как ролик-ползун.
3. Опоры должны быть соединены с балкой шарнирными соединениями, а также необходимо отключить глобальные привязки.
4. Силы, действующие на балку, должны быть приложены к соответствующим площадкам.
5. Необходимо создать сетку.

После выполнения всех условий можно запустить решение.

Получив решение (рисунок 15), при помощи зондирования необходимо будет провести анализ интересующей области, для которой рассчитывали напряжение аналитически.

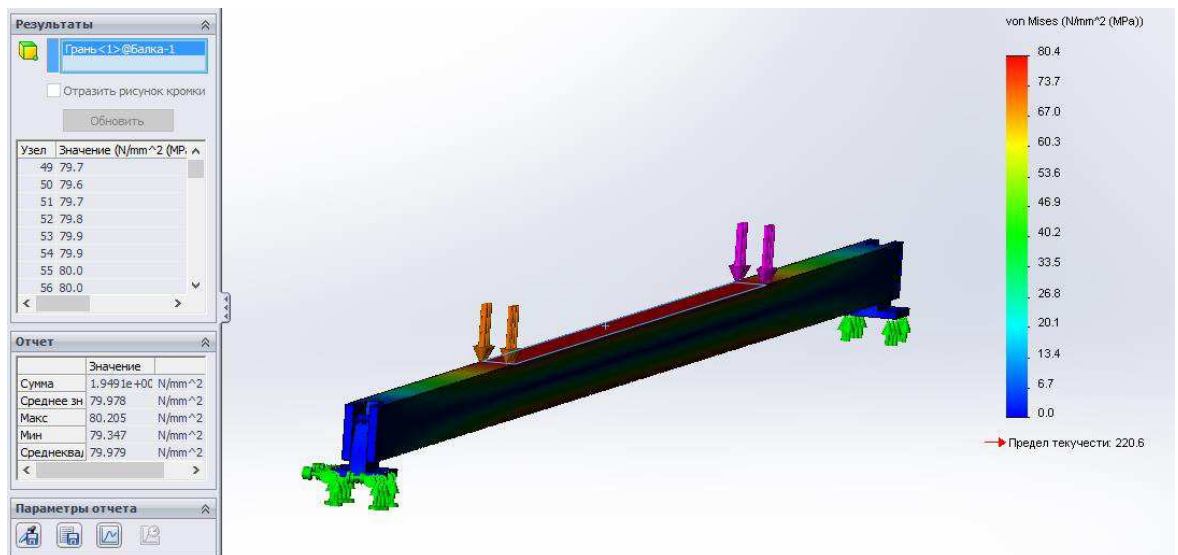


Рисунок 15 – Результат эксперимента

3 Ход работы

1. Ознакомиться с теоретическими данными.
2. Начертить схему балки согласно варианту из таблицы 5.
3. Рассчитать и построить эпюру моментов.
4. Аналитически вычислить максимальное напряжение, используя формулы.
5. Собрать модель балки из предлагаемых деталей, в среде SolidWorks
6. Провести эксперимент в SolidWorks Simulation
7. Сравнить данные полученные аналитически и экспериментально.
8. Оформить отчёт.

4 Содержание отчёта

1. № лабораторной работы, вариант, тема, цель работы.
2. Схема балки.
3. Аналитическое решение задачи, построенная эпюра моментов.
4. Данные полученные опытным путём.
5. Определение погрешности.
6. Заключение.

5 Контрольные вопросы

1. Какой изгиб называется плоским?
2. Что такое чистый и поперечный изгиб?
3. Что такое нейтральный слой и нейтральная ось и как они располагаются в балке?

4. По какой формуле определяются нормальные напряжения в сечении балки при изгибе? Как распределяются нормальные напряжения по сечению?

5. Как определить максимально допустимую величину нагрузки на испытываемую балку?

6. Как теоретически подсчитать величину ожидаемых максимальных напряжений в балке, подвергаемой опытному испытанию на изгиб?

Таблица 5 – Исходные данные для ЛР№ 4

№	b , мм	h , мм	l , м	P , кН
1	6	10	1	8
2	7	11	0.5	6
3	5	12	0.25	5
4	4	9	1	7
5	6	8	0.25	7
6	7	10	0.5	6
7	5	11	0.25	9
8	4	12	1	8
9	6	9	0.5	6
10	7	8	1	8

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Разработка методического обеспечения лабораторного практикума по биофизике [Электронный ресурс] // Библиофонд. Электронная библиотека студента. – Режим доступа: <http://bibliofond.ru/view.aspx?id=700000>
2. Разработка учебно-методического комплекса по предмету «Экономика организации» [Электронный ресурс] // ДипКур. РФ. – Режим доступа: <http://xn--dlaigtgr.xn--p1ai/?p=1363>
3. ПОЛОЖЕНИЕ по разработке лабораторных работ и практических занятий в колледжах Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского» [Электронный ресурс] // Крымский Федеральный Университет. – Режим доступа: <http://cfuv.ru/wp-content/uploads/2014/11/labor-i-prakt-60.pdf>
4. Абрамова Л. А. Основы технической механики: методические указания для студентов по проведению практических работ / Абрамова. – Уфа, 2004.
5. Испытания на сжатие : метод. указания // сост. В. П. Багмутов, В. И. Водопьянов, О. В. Кондратьев, А. В. Коробов. – Волгоград : ИУНЛ ВолгГТУ, 2011. – 16 с.
6. Лабораторные работы по курсу сопротивления материалов: метод. указания // сост. А. Х. Валиуллин, М. Н. Серазутдинов, С. Г. Сидорин, Ф. С. Хайруллин. – Казань, 2011. – 64с.
7. Лабораторные работы по сопротивлению материалов. Ч. 1.: метод. указания // В. К. Манжосов. – Ульяновск : УлГТУ, 2006. – 28с.
8. Лабораторные работы по сопротивлению материалов для студентов строительных специальностей : учебное пособие // сост. О. Л. Вербицкая, С. И. Зиневич, Л. И. Шевчук. – Минск, 2013. – 97с.

Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение
высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Институт педагогики психологии и социологии
Кафедра современных образовательных технологий

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
И.А. Ковалевич
подпись
« 16 » 06 2017 г.

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

44.03.04 «Профессиональное обучение (по отраслям)»

**РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДИЧЕСКИХ
УКАЗАНИЙ К НИМ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ОСНОВЫ ИНЖЕНЕРНО-
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДИЗАЙНА». МОДУЛЬ
«СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ»**

Руководитель	<u>И.Ф. 14.06.17</u> подпись, дата	ст. преподаватель	В.Ф. Редькин
Выпускник	<u>Пайсов 14.06.17</u> подпись, дата		С.Л. Пайсов
Консультант	<u>Серикова</u> подпись, дата	доцент, канд. искусствоведения	Т.Ю. Серикова
Нормоконтролер	<u>И.Ф. 14.06.17</u> подпись, дата	ст. преподаватель	В.Ф. Редькин

Красноярск 2017