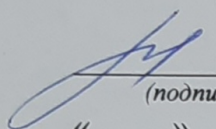


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Работа выполнена в СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»

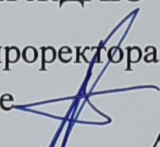
СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНиПКРС

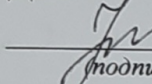

(подпись) Е.М. Димитриади
«___» _____ 2026 г.

УТВЕРЖДАЮ

И.о. проректора по научной
работе


(подпись) А.В. Космынин
«___» _____ 2026 г.

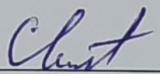
Декан ФАМТ


(подпись) О.А. Красильникова
«___» _____ 2026 г.

«Лабораторный стенд для испытания элементов авиационных конструкций
на кручение»

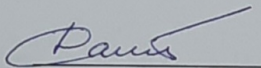
Комплект проектной документации

Руководитель СКБ «КИТ»


(подпись, дата)

А.В. Свиридов

Руководитель проекта


(подпись, дата)

Д.А. Потянихин

Комсомольск-на-Амуре 2026

Карточка проекта

Название	Лабораторный стенд для испытания элементов авиационных конструкций на кручение
Тип проекта	Научно-исследовательский проект
Исполнители	Студент _____ В.В. Слепцов, гр. 4ТС-1, Студент _____ В.В. Нестеренко-Савинова, гр. 4ТС-2 Студент _____ В.К. Мельничук, гр. 4ТС-1
Срок реализации	ноябрь 2025 г. – апрель 2026 г.

Использованные материалы и компоненты

Наименование	Количество, шт.
Программный комплекс T-FLEX CAD 17	1
Персональный компьютер	1
Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов : учебник для вузов / В. И. Феодосьев. – 9-е изд., перераб. – Москва : Наука, 1986. – 512 с.	1
Писаренко, Г. С. Справочник по сопротивлению материалов / Г. С. Писаренко, А. П. Яковлев, В. В. Матвеев. – 2-е изд., перераб. и доп. – Киев : Наукова думка, 1988. – 736 с.	1

Материалы и комплектующие экспериментального стенда

Наименование	Количество, шт.
Рычаг нагружения из стали Ст3сп ГОСТ 380–2005, размер 70×10×1040 мм	1
Профиль стальной с направляющей ГОСТ 30245–2012, размер 80×40×4×1500 мм	2
Профиль стальной для части неподвижной стойки ГОСТ 30245–2012, размер 60×60×4×670 мм	2

Профиль стальной для увеличения жёсткости ГОСТ 30245–2012, размер 60×30×3×560 мм	2
Стальной параллелепипед для жёсткого закрепления первого опорного патрона, заготовка стальная горячекатаная прямоугольная ГОСТ 25715–83, размер 150×60×150 мм	1
Профиль стальной для закрепления подвижной части ГОСТ 30245–2012, размер 80×40×4×535 мм	1
Стальная труба для закрепления подшипника ГОСТ 10704–91, размер R65×4 мм	1
Профиль стальной ГОСТ 30245–2012, размер 80×40×4×600 мм	2
Подшипник шариковый радиальный однорядный 1000810 ГОСТ 8338–75, D = 65 мм, d = 50 мм, B = 7 мм	1
Вал для закрепления подвижного токарного патрона и рычага, стальная круглая заготовка ГОСТ 7829–70, размер R25×100 мм	1
Диск для закрепления подвижного токарного патрона, сталь Ст3сп ГОСТ 380–2005, размер R40×10 мм	1
Профиль стальной для каретки ГОСТ 30245–2012, размер 80×40×4×435 мм	1
Пластина каретки для закрепления на направляющей, сталь Ст3сп ГОСТ 380–2005, размер 80×10×150 мм	2
Трёхкулачковый токарный патрон D = 80 мм, диапазон зажима 2–70 мм	2
Болт М10×30, аналог ГОСТ 7798–70, класс прочности 5.8	2
Гайка М10, ГОСТ 5915–70	2

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

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

ЗАДАНИЕ
на разработку

Название проекта: Лабораторный стенд для испытания элементов авиационных конструкций на кручение

Назначение: Проектирование и разработка учебного лабораторного стенда для проведения испытаний образцов на кручение с целью определения модуля сдвига материалов и изучения деформационных характеристик элементов конструкций

Область использования: В учебном процессе для направления подготовки 24.05.07 «Самолето- и вертолетостроение» в качестве наглядного пособия учебно-методического комплекса

Функциональное описание проекта: Конструкция лабораторного стенда должна обеспечивать возможность закрепления исследуемого образца, создания регулируемого крутящего момента и измерения угла закручивания образца при помощи индикатора часового типа. Методика испытаний должна позволять определять модуль сдвига материала по результатам экспериментальных измерений

Техническое описание устройства: Трёхмерные модели элементов конструкции должны соответствовать требованиям прочности, жёсткости и технологичности изготовления

Требования: Трёхмерные модели элементов конструкции выполняются в программном комплексе T-FLEX CAD 17. Конструкция должна обеспечивать возможность проведения лабораторных испытаний образцов различной длины и диаметра, а также обеспечивать надёжность закрепления и безопасность проведения эксперимента

План работ:

Наименование работ	Срок
Анализ существующих лабораторных установок для испытаний материалов на кручение. Изучение методик определения модуля сдвига и требований к учебному лабораторному оборудованию. Разработка общей концепции экспериментального стенда.	<i>ноябрь-декабрь 2025 г.</i>
Разработка цифровой модели лабораторного стенда в программном комплексе T-FLEX CAD 17. Проектирование опорной рамы, системы закрепления образца, нагружаемого рычага и измерительной системы.	<i>декабрь 2025 г. – январь 2026 г.</i>
Подбор материалов и комплектующих элементов конструкции. Разработка конструкции регулируемого узла изменения рабочей длины образца.	<i>январь - февраль 2026 г.</i>
Разработка методики проведения испытаний образцов на кручение и обработки экспериментальных данных для определения модуля сдвига материала.	<i>февраль – март 2026 г.</i>
Оформление отчета	<i>март - апрель 2026 г.</i>

Комментарии: Разделы отчета необходимо выполнять в соответствии срокам работ. Отчет по проекту выполняется по требованиям РД 013-2016 с изм. 4.

Перечень графического материала:

1. 3D модель лабораторного стенда;

2. Трёхмерные модели основных элементов конструкции.

Руководитель проекта

(подпись, дата)

Д.А. Потянихин

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

ПАСПОРТ

*«Лабораторный стенд для испытания элементов авиационных
конструкций на кручение»*

Руководитель проекта

(подпись, дата)

Д.А. Потянихин

Комсомольск-на-Амуре 2026

Содержание

1	Общие положения	8
1.1	Наименование изделия.....	8
1.2	Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия.....	8
1.3	Перечень организаций, участвующих в разработке изделия.....	8
1.4	Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах	9
2	Теоретические основы испытаний на кручение	11
2.1	Закон Гука при кручении	11
2.2	Частные случаи расчёта.....	12
3	Конструкция лабораторного стенда.....	14
3.1	Общий вид экспериментальной установки.....	14
3.2	Основные элементы конструкции	15
3.3	Взаимодействие элементов конструкции	16
3.4	Конструктивные особенности стенда.....	17
4	Методика проведения испытаний.....	18
4.1	Подготовка стенда к работе.....	18
4.2	Подготовка исследуемого образца	18
4.3	Проведение испытаний	19
4.4	Обработка результатов испытаний.....	20
4.5	Особенности проведения испытаний для различных типов сечений .	21
5	Используемые материалы и компоненты.....	22
5.1	Основные конструкционные материалы.....	22
5.2	Характеристика отдельных деталей конструкции	22
ПРИЛОЖЕНИЕ А		24

1 Общие положения

Настоящий паспорт является документом, предназначенным для ознакомления с основными характеристиками проекта *«Лабораторный стенд для испытания элементов авиационных конструкций на кручение»*.

1.1 Наименование изделия

Полное наименование изделия – *«Лабораторный стенд для испытания элементов авиационных конструкций на кручение»*.

1.2 Наименования документов, на основании которых ведется проектирование изделия

Проектирование *«Лабораторного стенда для испытания элементов авиационных конструкций на кручение»* осуществляется на основании требований и положений следующих документов:

- задание на разработку;
- методический фонд, специальная литература.

1.3 Перечень организаций, участвующих в разработке изделия

Заказчиком проекта *«Лабораторный стенд для испытания элементов авиационных конструкций на кручение»* является Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный университет» (далее заказчик), находящийся по адресу: 681013, Хабаровский край, г. Комсомольск-на-Амуре, Ленина пр-кт., д. 17.

Исполнителем проекта *«Лабораторный стенд для испытания элементов авиационных конструкций на кручение»* являются конструкторы студенческого конструкторского бюро «Авиастроение» (далее СКБ), студент группы 4ТС-1 – Слепцов В.В., студент группы 4ТС-2 – Нестеренко-Савинова В.В., студент группы 4ТС-2 – Мельничук В.К.

1.4 Сведения об использованных при проектировании нормативно-технических документах

При проектировании использованы следующие нормативно-технические документы:

ГОСТ 2.001-2013. Единая система конструкторской документации. Общие положения.

ГОСТ 2.102-2013. Единая система конструкторской документации. Виды и комплектность конструкторских документов.

ГОСТ 2.105-2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам.

ГОСТ 2.610-2006. Единая система конструкторской документации. Правила выполнения эксплуатационных документов.

ГОСТ 2.004-88. Единая система конструкторской документации. Общие требования к выполнению конструкторских технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.

ГОСТ 2.051-2006. Единая система конструкторской документации. Электронные документы. Общие положения.

ГОСТ 2.052-2006. Единая система конструкторской документации. Электронная модель изделия. Общие положения.

ГОСТ 2.601-2013. Единая система конструкторской документации. Эксплуатационные документы.

ГОСТ 380–2005. Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки.

ГОСТ 30245–2012. Профили стальные гнутые замкнутые сварные квадратные и прямоугольные для строительных конструкций. Технические условия.

ГОСТ 2590–2006. Прокат сортовой стальной горячекатаный круглый. Сортамент.

ГОСТ 10704–91. Трубы стальные электросварные прямошовные. Сортамент.

ГОСТ 8338–75. Подшипники шариковые радиальные однорядные.
Основные размеры.

ГОСТ 7798–70. Болты с шестигранной головкой класса точности В.
Конструкция и размеры.

ГОСТ 1759.0–87. Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия.

ГОСТ 25715–83. Заготовки стальные горячекатаные прямоугольные.
Сортамент.

ГОСТ 7829–70. Прокат стальной круглый калиброванный. Сортамент.

2 Теоретические основы испытаний на кручение

В инженерной практике элементы конструкций достаточно часто подвергаются воздействию крутящего момента. Кручение возникает в валах машин и механизмов, элементах трансмиссий, приводах механизации, а также в различных стержневых элементах конструкций.

При кручении в поперечных сечениях образца возникают касательные напряжения, а сам элемент подвергается угловой деформации, характеризующейся углом закручивания. В пределах упругой работы материала между приложенным крутящим моментом и углом закручивания сохраняется пропорциональная зависимость.

Испытания на кручение позволяют определить механические характеристики материала, в том числе модуль сдвига, а также исследовать зависимость между нагрузкой и деформацией. Полученные результаты используются при расчётах элементов конструкций, работающих в условиях действия крутящих моментов.

В разработанном лабораторном стенде крутящий момент создаётся при помощи нагружаемого рычага, установленного на подвижном патроне. Один конец образца закрепляется неподвижно, а второй подвергается воздействию крутящего момента. Измерение угла закручивания осуществляется при помощи индикатора часового типа..

2.1 Закон Гука при кручении

В пределах упругой деформации зависимость между крутящим моментом и углом закручивания описывается законом Гука при кручении:

$$\varphi = \frac{M_k l}{GJ_p}, \quad (1)$$

где φ – угол закручивания, M_k – крутящий момент, l – рабочая длина образца, G – модуль сдвига материала, J_p – полярный момент инерции поперечного сечения.

Из выражения (1) следует, что при известных геометрических параметрах элемента и измеренных значениях крутящего момента и угла закручивания можно определить модуль сдвига материала.

Определение модуля сдвига производится по результатам экспериментальных измерений угла закручивания при различных значениях крутящего момента.

2.2 Частные случаи расчёта

Для стержней круглого поперечного сечения расчёт полярного момента инерции выполняется по стандартным зависимостям теории сопротивления материалов. Однако для элементов некруглого и тонкостенного сечения используются приближённые методы расчёта.

Для составных сечений полярный момент инерции определяется суммированием моментов инерции отдельных элементов:

При кручении стержней некруглого сечения (прямоугольных, треугольных, эллиптических и др.) гипотеза плоских сечений неприменима. Точные расчёты на кручение таких стержней могут быть полученных методами теории упругости. В данном эксперименте воспользуемся методами для получения приближённых значений.

При кручении стержней сложного замкнутого сечения, состоящего из нескольких прямоугольных элементов, полярный момент инерции определяется суммированием моментов инерции отдельных частей:

$$J_K = J_{K_1} + J_{K_2} + J_{K_3} + \dots = \sum J_{K_n}, \quad (2)$$

где $n = 1, 2, 3, \dots$ – номера составных простых частей рассматриваемого сечения.

Для тонкостенных стержней открытого профиля (уголков, швеллеров, двутавров) момент инерции определяется по формуле:

$$J_K = \eta \frac{1}{3} \sum b_n^3 h_n, \quad (3)$$

где η – некоторый поправочный коэффициент, учитывающий схематизацию, связанную с заменой реального профиля прямоугольниками.

В тонкостенных открытых профилях длину контура обозначают через s , а толщину – через δ . Тогда формула (3) принимает вид

$$J_K = \eta \frac{1}{3} \sum \delta_n^3 s_n \quad (4)$$

3 Конструкция лабораторного стенда

3.1 Общий вид экспериментальной установки

Цифровая модель разработанного лабораторного стенда представлена на рисунке 1.

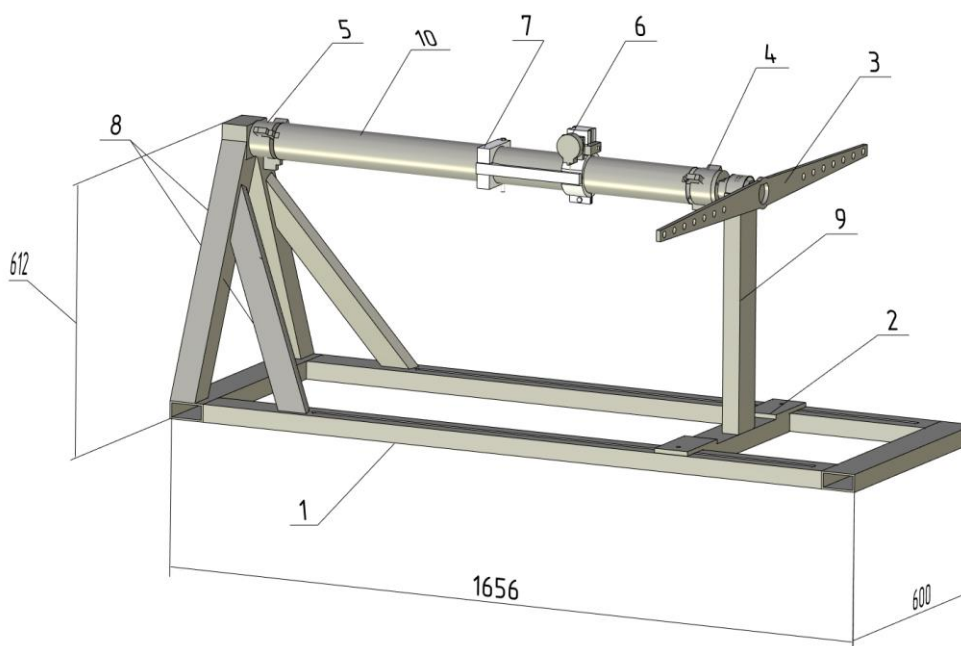


Рисунок 1 – Цифровая модель экспериментальной установки:

1 – опорная рама; 2 – каретка; 3 – нагружаемый рычаг; 4 – подвижный патрон; 5 – неподвижный патрон; 6 – индикатор; 7 – крепление планки индикатора; 8 – опорные стойки; 9 – стойка каретки; 10 – брус.

Стенд предназначен для проведения испытаний стержневых образцов на кручение с целью определения модуля сдвига материала и исследования зависимости между крутящим моментом и углом закручивания.

Конструкция стенда включает опорную раму, систему закрепления образца, нагружаемый рычаг и измерительную систему на базе индикатора часового типа.

Опорная рама выполнена из стального профильного проката и обеспечивает необходимую жёсткость конструкции при проведении испытаний. На раме расположены неподвижная опора и подвижная каретка, позволяющая изменять рабочую длину образца.

В качестве системы закрепления используются два трёхкулачковых патрона. Один патрон закреплён неподвижно, второй установлен на подвижной каретке и соединён с нагружаемым рычагом. При приложении нагрузки к рычагу создаётся крутящий момент, передаваемый исследуемому образцу.

Измерение угла закручивания осуществляется при помощи индикатора часового типа, закреплённого на специальном кронштейне. Измерительная система позволяет фиксировать величину угловой деформации образца при различных значениях крутящего момента.

Конструкция стенда обеспечивает возможность испытания образцов различной длины и диаметра, а также позволяет изменять величину прикладываемого крутящего момента.

3.2 Основные элементы конструкции

На рисунке 1 представлена цифровая модель лабораторного стенда с обозначением основных элементов конструкции.

Опорная рама является несущим элементом конструкции и служит основанием для размещения всех узлов стенда. Опорные стойки обеспечивают закрепление неподвижного патрона и воспринимают нагрузку, возникающую при испытаниях.

Каретка предназначена для изменения длины образца. На каретке размещены подвижный патрон, нагружаемый рычаг и стойка измерительной системы.

Нагружаемый рычаг используется для создания крутящего момента путём подвеса грузов на определённом расстоянии от оси образца. Исследуемый образец устанавливается между патронами и подвергается деформации кручения при приложении нагрузки. Измерительная система на основе индикатора часового типа предназначена для регистрации угла закручивания образца.

3.3 Взаимодействие элементов конструкции

При проведении испытаний исследуемый образец 10 закрепляется между неподвижным патроном 5 и подвижным патроном 4 соответственно (рисунок 1). Неподвижный патрон 5 жёстко фиксируется на опорных стойках 8, установленных на опорной раме 1. Подвижный патрон 4 размещается на стойке каретки 9 и соединяется с нагружаемым рычагом 3.

Изменение рабочей длины образца обеспечивается перемещением каретки 2 вдоль направляющих опорной рамы 1. Такая конструкция позволяет проводить испытания образцов различной длины и различных типов поперечного сечения.

При приложении нагрузки к рычагу 3 создаётся крутящий момент, передаваемый на исследуемый образец 10. Под действием момента образец подвергается угловой деформации, характеризуемой углом закручивания.

Для измерения угла закручивания используется индикатор часового типа 6, закреплённый на специальной планке 7. Принцип работы измерительной системы основан на преобразовании углового перемещения образца в линейное перемещение измерительного наконечника индикатора. При закручивании образца происходит смещение контрольной поверхности относительно измерительного наконечника, вследствие чего изменяются показания индикатора часового типа.

Полученные значения перемещения используются для определения угла закручивания и последующего вычисления модуля сдвига материала.

Планка крепления индикатора 7 разрабатывается индивидуально для каждого типа исследуемого образца и может изготавливаться с применением аддитивных технологий. Использование индивидуальных переходных элементов позволяет адаптировать измерительную систему для образцов круглого, прямоугольного, тонкостенного и других типов поперечного сечения.

Конструкция стенда обеспечивает возможность исследования зависимости между крутящим моментом и углом закручивания, а также определения механических характеристик материалов при кручении.

3.4 Конструктивные особенности стенда

Разработанный лабораторный стенд обладает следующими конструктивными особенностями:

- возможность изменения длины образца;
- использование стандартных профильных элементов;
- применение серийных токарных патронов;
- простота сборки и обслуживания конструкции;
- возможность замены исследуемых образцов различных форм поперечного сечения;
- наглядность проведения эксперимента;
- возможность использования стенда в учебном процессе.

Конструкция стенда ориентирована на применение в лабораторных работах по дисциплинам «Сопротивление материалов», «Строительная механика самолетов» и позволяет демонстрировать основные закономерности деформирования элементов при кручении.

4 Методика проведения испытаний

4.1 Подготовка стенда к работе

Перед началом проведения испытаний необходимо выполнить внешний осмотр лабораторного стенда и проверить надёжность крепления всех элементов конструкции. Особое внимание уделяется состоянию патронов, креплению нагружаемого рычага и измерительной системы.

Необходимо убедиться в отсутствии механических повреждений элементов конструкции, люфтов в узлах крепления и перекосов измерительной системы.

После проверки конструкции производится подготовка измерительного оборудования. Индикатор часового типа устанавливается в рабочее положение и настраивается на нулевое значение.

4.2 Подготовка исследуемого образца

Выполняется измерение геометрических параметров образца. Например, для образца кольцевого сечения определяются внутренний и внешний диаметры. Для стандартного профиля определяется тип поперечного сечения, его номер по ГОСТ и геометрические характеристики.

Полученные значения заносятся в протокол измерений и используются при последующей обработке экспериментальных данных.

После измерения параметров образец устанавливается между подвижным и неподвижным патронами лабораторного стенда.

Один конец образца жёстко закрепляется в неподвижном патроне, второй — в подвижном патроне, соединённом с нагружаемым рычагом.

На образец устанавливаются неподвижная планка и планка крепления индикатора, измеряется расстояние между неподвижным и подвижным сечениями (рабочая длина).

4.3 Проведение испытаний

Перед началом основных измерений к образцу прикладывается предварительная нагрузка, обеспечивающая выбор зазоров в системе и надёжный контакт сопрягаемых поверхностей.

После этого производится ступенчатое нагружение образца. Крутящий момент создаётся при помощи нагружаемого рычага и подвешиваемых грузов.

Нагрузка прикладывается ступенчато. Для каждого значения крутящего момента фиксируется соответствующий угол закручивания образца.

Измерение угла закручивания осуществляется при помощи индикатора часового типа. Схема измерения угла закручивания исследуемого образца представлена на рисунке 2.

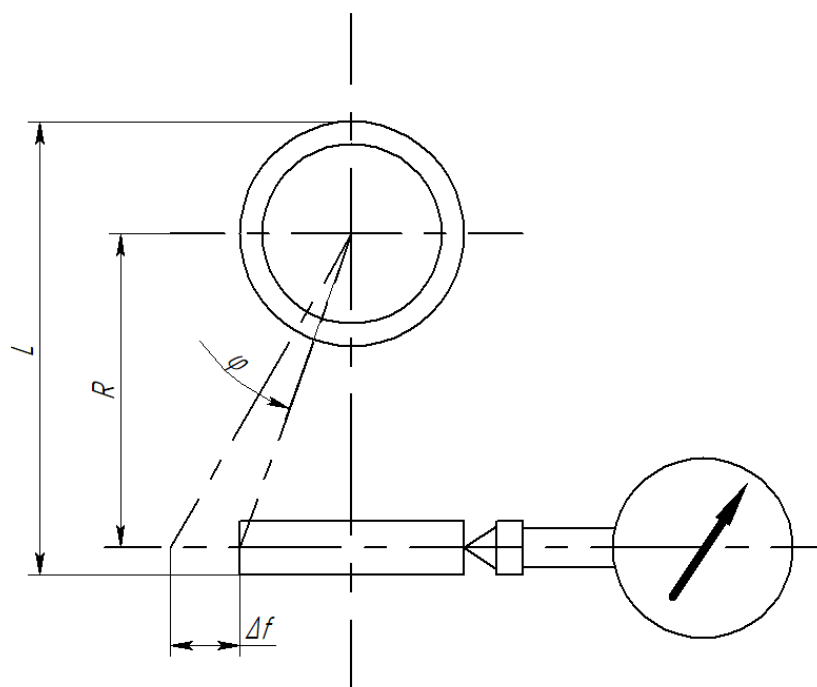


Рисунок 2 – Схема измерения угла закручивания ϕ

Угол закручивания образца определяется по изменению показаний индикатора часового типа. При приложении крутящего момента происходит угловая деформация образца, вызывающая линейное перемещение измерительного наконечника индикатора.

Угол закручивания определяется по формуле:

$$\varphi = \frac{\Delta f}{R}, \quad (5)$$

где $\Delta f = f_k - f_n$, f_n – начальное показание индикатора, f_k – конечное показание индикатора, R – расстояние от оси образца до точки контакта измерительного наконечника индикатора, φ – угол закручивания образца.

Полученные значения крутящего момента и угла закручивания заносятся в протокол измерений.

4.4 Обработка результатов испытаний

По результатам проведённых измерений строится график зависимости крутящего момента от угла закручивания: $M_k - \varphi$. В пределах упругой деформации полученная зависимость имеет линейный характер.

Для обработки экспериментальных данных используются значения крутящего момента, показаний индикатора и приращений показаний на каждой ступени нагружения. Результаты заносятся в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 – Результаты измерений при испытании на кручение

Ступень нагружения	Крутящий момент $M_{кр}$	Приращение крутящего момента $\Delta M_{кр}$	Показания индикатора f	Приращение показаний индикатора Δf	Сумма приращений показаний $\Sigma \Delta f$	Угол закручивания φ
0	$M_{кр0}$	—	f_0	—	—	—
1	$M_{кр1}$	$\Delta M_{кр1}$	f_1	$\Delta f_1 = f_1 - f_0$	Δf_1	φ_1
2	$M_{кр2}$	$\Delta M_{кр2}$	f_2	$\Delta f_2 = f_2 - f_1$	$\Delta f_1 + \Delta f_2$	φ_2
5	$M_{кр5}$	$\Delta M_{кр5}$	f_5	$\Delta f_5 = f_5 - f_4$	$\Delta f_1 + \dots + \Delta f_5$	φ_5

Среднее приращение крутящего момента определяется по формуле:

$$\Delta M_{кр.ср} = \frac{\Sigma \Delta M_{кр.}}{n}, \quad (6)$$

где $\Sigma \Delta M_{кр}$ – сумма приращений крутящего момента, n – число ступеней нагружения.

Среднее приращение показаний индикатора определяется по формуле:

$$\Delta f_{\text{ср}} = \frac{\Sigma \Delta f}{n}, \quad (7)$$

где $\Sigma \Delta f$ – сумма приращений показаний индикатора.

Угол закручивания на каждой ступени нагружения:

$$\varphi_i = \frac{\Sigma \Delta f}{R}, \quad (8)$$

На основании экспериментальных данных определяется модуль сдвига материала по формуле:

$$G_{\text{э}} = \frac{\Delta M_{\text{к.ср.}} l_0}{\Delta \varphi_{\text{ср}} J_p}, \quad (9)$$

где $\Delta \varphi_{\text{ср}}$ рад = $\Delta \varphi_{\text{ср}}$ мин ($\pi/180^\circ$), l_0 – рабочая длина образца, $\Delta \varphi_{\text{ср}}$ – среднее приращение угла закручивания, J_p – полярный момент инерции поперечного сечения образца.

Полученное значение модуля сдвига сравнивается с табличными значениями для исследуемого материала.

4.5 Особенности проведения испытаний для различных типов сечений

Для образцов круглого поперечного сечения обработка результатов выполняется по стандартным зависимостям сопротивления материалов.

При испытании элементов некруглого или тонкостенного сечения используются приближённые методы расчёта полярного момента инерции.

Для составных и тонкостенных профилей расчёт выполняется с использованием зависимостей, приведённых в разделе 2.2.

Использование различных типов образцов позволяет исследовать влияние формы поперечного сечения на жёсткость элемента при кручении и характер распределения деформаций.

5 Используемые материалы и компоненты

5.1 Основные конструкционные материалы

Для изготовления элементов лабораторного стенда использовались стандартные металлические заготовки и профильный прокат (таблица 1).

Таблица 5.1 – Основные материалы конструкции

Наименование элемента	Материал	Нормативный документ
Опорная рама	Сталь Ст3сп	ГОСТ 380–2005
Опорные стойки	Профильная труба	ГОСТ 30245–2003
Нагружаемый рычаг	Сталь конструкционная	ГОСТ 1050–2013
Вал исследуемого образца	Стальной круглый прокат	ГОСТ 2590–2006
Крепёжные элементы	Сталь углеродистая	ГОСТ 1759.0–87

5.2 Характеристика отдельных деталей конструкции

Для изготовления элементов конструкции применялись стандартные заготовки с последующей механической обработкой.

Таблица 5.2 – Основные элементы конструкции

Наименование детали	Исходная заготовка	Способ обработки
Основание опорной рамы	Профильная труба прямоугольного сечения	Резка, сварка
Стойки конструкции	Профильная труба	Резка, сварка
Вал крепления патрона	Стальной круглый прокат	Токарная обработка, фрезерование
Диск крепления патрона	Стальной лист	Фрезерование, сверление
Нагружаемый рычаг	Стальная полоса	Сверление отверстий
Кронштейн индикатора	Стальной профиль	Сварка, сверление

При разработке конструкции лабораторного стенда использовались преимущественно стандартные профили и типовые элементы, что позволило снизить стоимость изготовления и упростить сборку конструкции.

Основные элементы рамы соединяются сваркой. Детали узлов крепления патронов и нагружаемого рычага изготавливаются с использованием токарной и фрезерной обработки.

Конструкция предусматривает возможность замены исследуемых образцов и регулировки рабочей длины стенда без изменения основных несущих элементов.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(обязательное)

Статья на конференцию и сертификат участника

УДК 539.32

Мельничук Владимир Константинович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Нестеренко-Савинова Варвара Викторовна, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Слепцов Владимир Владимирович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Потянихин Дмитрий Андреевич, кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Авиастроение и компьютерное проектирование», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Melnichuk Vladimir Konstantinovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Nesterenko-Savinova Varvara Viktorovna, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Sleptsov Vladimir Vladimirovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Potianikhin Dmitrii Andreevich, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Aircraft Engineering and Computer Design, Komsomolsk-na-Amure State University

ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА КРУЧЕНИЕ

LABORATORY STAND FOR TESTING ELEMENTS OF AIRCRAFT STRUCTURES FOR TORSION

Аннотация. В работе представлена модель лабораторного стенда, предназначенного для проведения экспериментальных исследований на кручение стержневых образцов из авиационных материалов с целью определения модуля сдвига материала. Конструкция стенда включает силовую раму, узлы закрепления образца, систему нагружения в виде рычага с грузами и измерительную систему на базе индикатора часового типа. В результате разработки реализована возможность регулирования прикладываемого крутящего момента и длины образца. Разработанная установка может эффективно использоваться в учебном процессе для демонстрации закономерностей деформирования при кручении.

Abstract. This article presents the model of a laboratory stand designed for experimental torsion testing of aircraft material specimens to determine the material's shear modulus. The stand includes a massive frame, specimen clamps, a loading system consisting of a lever with weights, and a dial indicator-based measurement system. The design allows for adjustment of the applied torque and specimen length. The developed stand can be effectively used for educational purposes to demonstrate the principles of torsional deformation.

Ключевые слова: модули упругости, модуль сдвига, кручение, крутящий момент, лабораторный стенд.

Key words: elastic moduli, shear modulus, torsion, torque, laboratory stand.

Введение

При проектировании авиационной техники возникает необходимость определения механических свойств профильных элементов конструкций при различных видах нагружения. Одним из базовых видов нагружения для трехмерных стержневых конструкций является кручение, при котором в материале возникают касательные напряжения. В экспериментальном исследовании на кручение можно определить модуль сдвига материала, предел текучести (для пластичных материалов) и предел прочности (для хрупких материалов). Кроме того, по известным модулям упругости первого и второго рода можно вычислить коэффициент Пуассона ν , необходимый для задания свойств материалов во всех пакетах инженерного анализа, по формуле

$$\nu = \frac{E - 2G}{2G}, \quad (1)$$

70 1955 КНАГУ

1955
КНАВПИ



2025
КНАГУ

СЕРТИФИКАТ

Комсомольский-на-Амуре государственный университет

СВИДЕТЕЛЬСТВУЕТ О ТОМ, ЧТО

**Нестеренко-Савинова
Варвара Викторовна**

принял(-а) участие в IX Всероссийской национальной
научной конференции молодых учёных

**«МОЛОДЁЖЬ И НАУКА: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ»**

Секция

**«Транспортно-энергетический комплекс, авиационная
и морская техника»**

И. о. ректора ФГБОУ ВО «КНАГУ»

Я. Ю. Григорьев



г. Комсомольск-на-Амуре

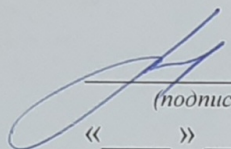
2026

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

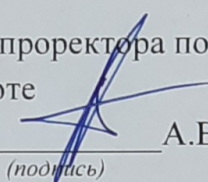
СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

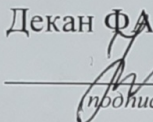
Начальник отдела ОНиПКРС

 Е.М. Димитриади
(подпись)
« ____ » ____ 2026 г.

И.о проректора по научной
работе

 А.В. Космынин
(подпись)
« ____ » ____ 2026 г.

Декан ФАМТ

 О.А. Красильникова
(подпись)

АКТ

о приемке проекта

*«Лабораторный стенд для испытания элементов авиационных конструкций на
кручение»*

г. Комсомольск-на-Амуре

« ____ » ____ 2026 г.

Комиссия в составе представителей:

со стороны заказчика

- А.В. Свиридов – руководителя СКБ,
- О.А. Красильникова – декана ФАМТ

со стороны исполнителя

- Д.А. Потянихин – руководителя проекта,
- В.В. Слепцов – 4ТС-1,
- В.В. Нестеренко-Савинова – 4ТС-2,
- В.К. Мельничук – 4ТС-2,

составила акт о нижеследующем:

«Исполнитель» передает проект «Лабораторный стенд для испытания элементов авиационных конструкций на кручение», в составе:

1. Проект в программном комплексе T-FLEX CAD 17, содержащий трёхмерные модели деталей и сборочную модель лабораторного стенда для испытания стержневых образцов на кручение.

2. Комплект конструкторской документации, включающий модели основных деталей конструкции и спецификацию элементов стенда.

3. Методические рекомендации по проведению испытаний образцов на кручение, определению угла закручивания и вычислению модуля сдвига материала по результатам экспериментальных измерений.

4. Протокол экспериментальных измерений, содержащий результаты испытаний образцов на кручение, значения прикладываемых крутящих моментов, показания индикатора часового типа и вычисленные значения угла закручивания и модуля сдвига материала.

Руководитель проекта	_____	<i>Д.А. Потянихин</i>
	<i>(подпись, дата)</i>	

Исполнители проекта	_____	<i>В.В. Слепцов</i>
	<i>(подпись, дата)</i>	

_____	<i>В.В. Нестеренко-Савинова</i>
<i>(подпись, дата)</i>	

_____	<i>В.К. Мельничук</i>
<i>(подпись, дата)</i>	