А.Г. МУДРОВ, В.А. СУЛТАНОВ

ДЕТАЛИ МАШИН

Учебно-методическое пособие

КАЗАНЬ
2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФГАОУ ВО «КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
ИНЖЕНЕРНЫЙ ИНСТИТУТ
Кафедра технической физики и энергетики

А.Г. МУДРОВ, В.А. СУЛТАНОВ

ДЕТАЛИ МАШИН

Учебно-методическое пособие

КАЗАНЬ
2019

УДК 621.8 (075.8)
ББК 39.311-06-5
М 89

Печатается по рекомендации
Учебно-методической комиссии
Инженерного института
(протокол № 2 от «27» февраля 2019 г.)

Под общей редакцией

Зав. кафедрой технической физики и энергетики, доктора технических наук, профессора, члена-корреспондента АН РТ Н.Ф. Кашапова

Рецензенты:

профессор кафедры «Машины и оборудование в агробизнесе» Казанского аграрного университета, д-р техн. наук, профессор А.В. Белинский;

профессор кафедры «Техническая физика и энергетика» Инженерного института К(П) ФУ, д-р техн. наук, доцент В.М. Ларионов

Мудров А.Г.

М89 Детали машин: Учебно-методическое пособие / А.Г. Мудров, В.А. Султанов; под общ. ред. проф. Н.Ф. Кашапова.- Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2019.- 220 с.

Учебно-методическое пособие «Детали машин» знакомит с принципами и операциями мышления, о познании, об умственных возможностях студентов и способах их развития.

Приводятся необходимые сведения из общетехнических дисциплин: теоретической механики, сопротивления материалов, необходимые для повышения уровня знаний, успешного освоения курса «Детали машин», других учебных дисциплин и развития мышления.

Дана методика проведения лабораторных работ с научно-исследовательским уклоном. Каждая из работ имеет теоретический и экспериментальный разделы, при этом теоретическая часть работы проверяется экспериментальными опытами, которые обрабатываются методами математической статистики.

Приведены сведения о задачах, это наиболее слабое место в усвоении студентами, даны рекомендации по их решению, приведены примеры решений.

Приведен раздел о способах эффективного обучения и о компьютерной технологии при изучении курса «Детали машин».

Пособие рассчитано на студентов, желающих повысить свой общеобразовательный уровень, эффективно освоить «Детали машин» и другие учебные дисциплины осознанно и с понятием, развить свое мышление.

Учебно-методическое пособие разработано и оформлено профессором кафедры ДСМ КГАСУ, д-ром техн. наук, профессором А.Г. Мудровым и доцентом кафедры ТФ и Э ИИ К (П) ФУ, канд. пед. наук, доцентом В.А. Султановым.

Иллюстраций -32, таблиц -5, библиографий -19 (наимен.).

УДК 621.8 (0758)
ББК39.311-06-5

	СОДЕРЖАНИЕ	Стр.

ВВЕДЕНИЕ

Умение мыслить, анализировать, делать выводы, решать задачи является одним из основных показателей уровня развития и глубины сознательного освоения студентами учебного материала той или иной дисциплины.

Человек в своем развитии постоянно стремился расширить свои знания и обогатить память. Но многознание не научает мудрости – так говорил еще древнегреческий философ Гераклит. Мудрость заключается в знании оснований и причин, и в особенности логических оснований принимаемых положений. ***Без способности обосновывать имеющиеся убеждения нет подлинного и твердого знания***. Мудрость – это не просто обширные знания, но, прежде всего умение рассуждать, применять знания и принимать правильные решения.

На протяжении 36 летнего общения со студентами университета авторы убедились в отсутствии каких-либо навыков последовательного и доказательного мышления, в неумении решать в общем – то простые задачи, в отсутствии остаточных знаний по основным общетехническим дисциплинам, которые являются фундаментом в подготовке технических инженерных кадров.

Взять хотя бы такой раздел, как решение задач, которые занимают во многих дисциплинах большую часть учебного времени. Обучение решению задач должно уделяться много внимания, но до сих пор, пожалуй, единственным методом такого обучения был показ способов решения определенных видов задач и практика овладения этими способами. Пособия по решению задач были построены в форме сборника задач с ответами и с некоторыми указаниями к ним.

Психологические исследования проблемы обучения решению задач показывают, что основные причины несформированности у студентов общих умений и способностей в решении задач состоят в том, что студентам не даются необходимые знания о сущности задач и их решений. Поэтому они решают задачи, не осознавая должным образом свою собственную деятельность. У студентов не вырабатываются отдельно умения и навыки в действиях, входящих в общую деятельность по решению задач, и поэтому им приходится осваивать эти действия в самом процессе решения задач, что многим студентам не под силу, не развиваются и основы мышления.

В связи с этим необходимо обратить внимание на основные принципы и операции человеческого мышления, изучаемых формальной логикой. Необходимо пробудить интерес студентов к мышлению, углублению стихийно складывающейся логической интуиции, выработке навыков последовательного и доказательного мышления. Здесь уместно привести высказывания Т.Эдисона по этому поводу «**Важнейшая задача цивилизации – научить человека мыслить**», короче и точнее не скажешь.

Логика – наука о законах правильного мышления, о требованиях, предъявляемых к последовательному и доказательному рассуждению. Логические операции – определение, классификация, доказательство, опровержение, обобщение и т.п. – применяются каждым человеком в мыслительной деятельности. Но применяются неосознанно и с погрешностями, без отчетливого представления о всей глубине и сложности тех мыслительных действий, с которыми связан каждый, даже самый элементарный акт мышления.

«Логика – великий преследователь темного и запутанного мышления; она рассеивает туман, скрывающий от нас наше невежество и заставляющий нас думать, что мы понимаем предмет, в то время когда мы его не понимаем. Я убежден, что в современном воспитании ничто не приносит большей пользы для выработки точных мыслителей, остающихся верными смыслу слов и предложений и находящихся постоянно настороже против терминов неопределенных и двусмысленных, как логика» – это слова Д. С. Милля.

Здесь следует отметить и тот негативный факт, что из курса средней школы был убран предмет, преподававшийся еще 40 лет назад- психология. Кстати, и в вузовской программе технических направлений практической психологии также нет места. Тогда как психология личности студента, межличностное общение играют огромную роль в становлении и человека и специалиста.

Помочь студенту понять самого себя – значит, помочь ему сделать первый шаг к его, лично ему подходящему, образу жизни, общению, производственной деятельности.

Однако и по сей день педагогика не нацеливает молодого человека на оценку собственных качеств и психологических пределов.

Творчество в области личной психологии – одно из важнейших слагаемых человеческого фактора. Этому придется и надо учиться. От того, как каждый из студентов научится творить самого себя и за себя отвечать, зависит будущий облик специалиста, руководителя и общества в целом.

Размышление над основными принципами и операциями мышления способствуют развитию и совершенствованию не только собственно логических, но и других мыслительных навыков. Оно учит умению обобщать, абстрагироваться и сосредотачиваться, раскрывать замысел и композицию некоторого целого, связывать его части, выявлять главное и отделять его от второстепенного и побочного, усматривать необычное в обыденном и т.д.

Понимание принципов мыслительной деятельности – одно из самых ценных наших знаний. Оно делает ум максимально точным и тонким в своем анализе, нетерпимым к любой фальши и нелогичности, неизменно последовательным в своих выводах. Все это сказывается на всех сторонах и теоретического и практического приложения мышления.

Вот что сказал по этому поводу А.С. Пушкин: ***«Я жить хочу, чтоб мыслить и страдать…».***

Большинство людей размышляют и рассуждают, не обращаясь за помощью к этой теории, и даже не подозревают о существовании таковой. Некоторые склонны даже считать свое мышление естественным процессом, требующим анализа и контроля не более, чем, скажем, дыхание или ходьба. Разумеется, это заблуждение. Наше стихийно сложившееся и неосознанное умение мыслить не всегда логически возможно. Логическая интуиция нуждается в прояснении, здесь важно помнить принцип: «***Удваивай усилия, достигнув определенного успеха».***

Процесс изучения той или иной дисциплины преследует своей целью не только сообщение студенту той или иной суммы знаний, но, самое главное, создание определенных умений пользования этими знаниями. Поэтому в высших учебных заведениях преподаватели обязаны не только сообщать студентам известные знания, но и научить их в какой-то степени **владеть этими знаниями (владеть предметом)**.

Сюда относится, в первую очередь, умение извлекать из формул и математических выражений ту информацию, которая в них заложена, а также какой смысл имеет каждый символ формулы, какую точность, какую размерность.

Уметь свободно анализировать и применять математические выражения для ответов и практических целей, ибо любая из изучаемых дисциплин содержит много математических выражений.

Необходимо научить студентов использовать лабораторные работы для углубления изучаемого материала, привить навыки научно-исследовательских работ, умению обрабатывать экспериментальные опыты, давать обоснованные выводы и заключения.

Кроме всего, ответы студентов на зачетах и экзаменах должны сопровождаться доказательными фактами и строиться логично понятно и убедительно.

Эта краткая работа адресуется студентам, желающим узнать о принципах мышления, об эффективных методах изучения учебных дисциплин и подходах к решению различных задач, встречающихся в курсе «Детали машин», а также других дисциплинах, умению делать доказательные ответы, умению видеть информацию, заложенную в формулах и графиках и пользоваться ею при ответах и в дальнейшей производственной работе. Кроме этого, учебно-методическое пособие особо обращает внимание студентов на использование теоретических знаний в конкретных практических делах. Если кратко сказать техническим языком, то в пособии изложен «***инструмент познания***», владея которым можно добиться хороших результатов в своей деятельности.

1 О ПОЗНАНИИ И МЫШЛЕНИИ

1.1 Возможности человека

Прежде чем начать разговор о мышлении и связанных с ним процессов, считаем необходимым дать сведения о возможностях человека в этом направлении. Если задать вопрос любому из студентов, знаете ли Вы возможности человека, то ответ, скорее всего, будет неопределенным. Студент, как правило, не знает ни о своих личных резервах, ни о возможностях личности вообще. Все это мешает и тормозит работе над собой, совершенствованию своих личных качеств, ошибочно считая, что это приходит само собой.

Кроме этого, молодые люди зачастую и не знают, как работать над собой, как достичь высокого уровня в развитии мышления, внимания, памяти, воображения, воли и характера.

Поэтому будет полезным и обязательным для студентов в краткой форме знать резервы и возможности человеческого организма в мыслительном процессе.

Ученые единодушно полагают, что каждый человек владеет множеством в среднем равноценных возможностей, имеющихся в его организме в виде задатков. Спектр этих задатков столь широк, а число разнообразных специальностей столь велико, что практически каждый человек может найти свое призвание.

В связи с этим можно с уверенностью утверждать, что бесталанных людей нет, а есть люди, занимающиеся не своим делом. Каждый человек обладает поистине огромными возможностями, заложенными в нем природой.

Ярким примером этому может служить память, без которой трудно представить вообще жизнь человека. Если бы не было памяти, то человек не мог бы овладевать знаниями, приобретать навыки трудовой деятельности, планировать, использовать прошлый опыт людей. Без памяти развитие было бы невозможно.

Мозг человека может усвоить громадное количество информации, ибо он состоит из 9-12 млрд. нервных клеток, а каждая клетка имеет несколько тысяч контактных отростков, в которых фиксируется информация. Это означает, что память человека способна вмесить в себя примерно столько информации, сколько ее имеется в хранилищах Библиотеки им. В.И.Ленина.

История знает немало людей, обладающих великолепной памятью, полученной либо как дар природы, либо выработанной путем тренировки. Например, композитор М.А. Балакирев точно воспроизвел мелодию П.И.Чайковского, услышанную два года назад. Художник Н.Н.Ге, посмотрев однажды комнату одного из петербургских дворцов, точно воспроизвел ее потом на картине [1].

Утверждают, что великий полководец Александр Македонский знал в лицо всех солдат своего тридцатитысячного войска.

Выдающийся советский ученый А.Ф.Иоффе по памяти пользовался таблицей логарифмов. Академик С.А.Чаплыгин помнил номера всех телефонов, которыми он пользовался.

Некто Э. Гаон дословно помнил 2500 прочитанных им книг, при этом он мог, не задумываясь, воспроизвести любой отрывок из любой книги.

Композитор С.И.Танеев (учитель Рахманинова С.В.) однажды ради шутки оставил Рахманинова С.В. в другой комнате, когда приехал А.К.Глазунов сыграть только что написанную им новую симфонию. После исполнения в комнату вошел Рахманинов С.В. и без единой ошибки сыграл эту симфонию, вызвав немалое удивление А.К. Глазунова.

Феноменальной музыкальной памятью отличался и Вольфганг Моцарт. Однажды отец взял маленького Вольфганга в Ватикан, где должно было исполняться духовное сочинение композитора Аллегри. Римский папа ревниво оберегал это музыкальное произведение- строгая кара ждала того, кто перепишет ноты или просто покажет их постороннему.

Напряженно слушал маленький Вольфганг это произведение, а ночью, когда отец спокойно спал, он записывал что-то в свою нотную тетрадь. Утром мальчик протянул отцу свою запись, взглянув на ноты, отец побледнел, перед ним была точная запись услышанного вчера сложного многоголосного произведения композитора Аллегри.

Феноменальной памятью отличался репортер одной из московских газет Шерешевский, который мог воспроизвести любой текст через неделю, месяц, год, несколько лет.

Приведенные примеры показывают память как дар природы человеку, однако не стоит отчаиваться тем, кто не обладает такой великолепной врожденной памятью. При наличии волевых качеств любой человек путем систематической работы над собой может многократно увеличить возможности своей памяти, мышления и т.д.

Удивительный пример необычайно больших компенсаторных возможностей человека при наличии волевых качеств характера дает нам жизнь замечательного скульптора Лины По, умершей в 1948 г. Будучи полностью слепой, она на ощупь создала более ста замечательных скульптур.

Немецкий археолог Генрих Шлиман, чтобы развить свою память, в течение многих лет ежедневно заучивал наизусть по нескольку страниц текста из различных книг и путем такой тренировки добился того, что за 6-8 недель мог освоить новый иностранный язык.

Многие крупные шахматисты мира благодаря упорному труду могли играть в шахматы вслепую. Знаменитый русский шахматист А.Алехин мог играть вслепую одновременно на 40 досках.

Венгерский шахматист Янош Флеш в 1960 г. установил рекорд, проведя сеанс одновременной игры вслепую на 52 досках. Против него играли 4 кандидата в мастера, 12 перворазрядников, остальные-шахматисты 2-го и 3-го разрядов. Игра продолжалась около 13 часов, в результате он выиграл 31 партию, 18 свел вничью и только 3 проиграл.

Из других возможностей человека внимание привлекают наши органы чувств. Американские ученые обнаружили в области носовой полости человека скопление микрочастиц, поступающих из крови, с помощью которых люди могут улавливать магнитные силовые линии Земли, как это делают, например, птицы при миграции на большие расстояния. Однако люди не пользуются этим аппаратом и поэтому чувствительность его значительно притуплена. Но если человеку приходится часто использовать тот или иной анализатор, то развитие этого анализатора достигает больших высот. Например, мастера-шлифовальщики различают просветы в 0,6 микрона, тогда как обычный человек способен заметить просвет в 10 микрон.

Опытные текстильщики различают до 100 оттенков черного цвета. Художники замечают отклонение в пропорциях сравниваемых предметов, когда оно не превышает 0,006 их величин.

Приведенные примеры со всей очевидностью доказывают неисчерпаемые потенциальные возможности человека, которые раскрываются со всей полнотой у тех, кто верит в них, желает их развивать и делает это путем упорного систематического труда.

Многие студенты, поступая в вузы, мечтают о большом успехе в своем жизненном пути. Однако не каждый достигает желаемого. В чем причина не успеха? Их много. Многие молодые люди, встречаясь с трудностями, зачастую опускают руки, теряют веру в себя, легко отказываются от своих творческих планов и легко мирятся с создавшимся положением. Они считаю, что резервы их возможностей полностью исчерпаны, недооценивают и, что главное, не развивают своих физических и умственных способностей.

Важно помнить о том, что человек может не только совершенствовать имеющийся потенциал, но и обогащать его, чему способствует пластичность высшей нервной деятельности. И.П. Павлов писал: «***Главнейшее, сильнейшее и постоянно остающееся впечатление от изучения высшей нервной деятельности…это чрезвычайная пластичность этой деятельности, ее огромные возможности: ничто не остается неподвижным, неподатливым, а все всегда может быть***

достигнуто, изменяться к лучшему, лишь бы были осуществлены соответствующие условия».

Чем раньше человек начнет работать над собой, тем больших успехов он достигнет в развитии своих органов и свойств личности, поскольку, чем моложе организм, тем большей пластичностью (способностью к изменению и развитию) он обладает. Но необходимо помнить и о том, что начать работу над собой и добиться больших успехов никогда не поздно. Таланты, способности в той или иной деятельности, отрасли науки, искусства могут проявляться, а также развиваться и в юношеском, и в зрелом возрасте. Это должно служить стимулом для самосовершенствования себя с любого времени.

Вот несколько убедительно подтверждающих примеров. Великого шведского ученого – натуралиста Карла Линнея в школе многие считали тупицей, который в жизни не поднимется выше карьеры сапожника. В 20 лет он окончил среднюю школу, и неизвестно как бы сложилась судьба Линнея, если бы он не встретился с доктором Ротманом, который заметил увлечение Карла к ботанике и всячески поощрял его. Доктор Ротман сумел привить любовь к латинскому языку, который Карл не любил и не хотел изучать в школе. Интерес Линнея к естественным наукам помог одолеть в совершенстве ненавистный ему латинский язык. Интерес, воля и целеустремленность сделали из посредственного ученика великого ученого.

А вот что часто говорил отец Чарлзу Дарвину, считая его бездарным: «***У тебя только и есть интерес, что к стрельбе, возне с собаками и ловле крыс. Ты будешь позором для себя и для всей семьи*»**. Однако Дарвин не только окончил школу, но и стал ученым с мировым именем.

Эйнштейн в детстве не проявлял способностей к физике и математике и был в школе отстающим учеником.

Н.В.Гоголь в детстве не отличался литературными способностями, а его школьные сочинения оценивались весьма посредственно.

Наш писатель И.А.Гончаров достиг творческого успеха только после 40 лет.

Вот что говорил по этому поводу естествоиспытатель Эдисон: «***Гений – это 1% вдохновения и 99% потения***». Это доказал греческий оратор Демосфен, который обладал дефектом речи (картавил) и имел очень слабый голос. Однако его упорство, целеустремленность и настойчивость позволили не только довести до совершенства технику ораторского искусства, но и развить голос, преодолеть картавость. Демосфен часами декламировал стихи на берегу моря, пытаясь перекричать шум морского прибоя. Чтобы избавиться от картавости он набирал в рот мелкие камушки и упражнялся на протяжении многих лет. В результате Демосфен стал одним из выдающихся ораторов Древней Греции.

Исходя из вышеизложенного, можно заключить, что для полного раскрытия творческих возможностей человеку необходимо:

- ***знать о неограниченных потенциальных возможностях личности;***

- ***захотеть развивать умственные возможности и способности;***

- ***обладать волей, стойкостью и целеустремленностью.***

1.2 Память, как ее улучшить

За время обучения в университете студентам приходиться сдавать множество зачетов, экзаменов, участвовать в семинарах, коллоквиумах, решать много задач, для чего необходимо владеть значительным объемом информации и иметь хорошую память. У любого человека можно выделить несколько видов памяти. Зрительная память фиксирует изображения, слуховая - звуки, моторная – наши собственные движения, словесно-логическая - формулы, слова, идеи; эмоциональная –наши острые чувства и впечатления. Для того, чтобы лучше оперировать с памятью, необходимо выяснить, какой из видов памяти преобладает лично у каждого студента: зрительный, слуховой или моторный.

Память нужно тренировать ежедневно и постоянно. Легче всего развить моторную память. Знание особенности своей памяти – ключ к тому, как строить занятия. «Зрительники» могут успешно заниматься с текстом, мысленно фотографируя его, «слуховики» лучше воспринимают текст вслух, слушая его на магнитофоне или диктофоне, «моторники» лучше согласуют запоминание с движениями пишущей руки.

Но, как правило, в одном человеке присутствуют разные типы памяти. Они поддерживают и подменяют одна другую, создавая основу для главного типа запоминания.

Исследования ученых доказывают, что человеческая память включает в себя не один процесс, а несколько. Главные из них- ***запоминание, хранение и воспоминание*** **–** хотя и имеют общую ассоциативную природу, но действуют не совсем согласованно.

Многократное перечитывание целесообразно заменить интенсивным мысленным пересказыванием, проговариванием (усилиями припоминания), лучше три раза вспомнить, чем четыре раза прочесть! ***Эта методика – объем усилий припоминания должен в три раза превосходить объем усилий запоминания - дает колоссальную экономию времени.*** Вместо того, чтобы два часа сидеть над учебником, чтобы четыре раза прочесть текст, надо читать один раз и лучше на воздухе пересказывать текст себе.

Воспоминание – процесс активный, действенный, волевой и представляет собой систему внутренних усилий. Мы вытягиваем, вытаскиваем зароненные в нас ассоциации, мнемонические придумки, узелки, записки…

Если вы занимаетесь не по принципу «лишь бы сдать», то вас интересует вопрос долговечности постигнутых вами знаний, прочности понятого, надежности запомненного.

Как показывает опыт, большинство студентов недовольны своей памятью, ибо задача заставить память служить безотказно требует особого искусства, целой системы навыков общения с ней, управления и обуздания.

Чаще всего студентом с хорошей памятью оказывается не тот, кто много и добросовестно зубрит, а тот, кто определил и понял специфику своего индивидуального стиля запоминания – воспоминания.

Способы, приемы активации вспоминания могут быть разными, индивидуальными. Кто-то составляет конспект и повторяет уже его. Кто-то повторяет тему непрерывно в течение нескольких часов, кто-то временно забывает и потом вспоминает.

«***Средний человек использует не больше десяти процентов врожденных возможностей своей памяти. Остальные девяносто процентов пропадают, потому что он нарушает естественные законы запоминания***», так полагают ученые психологи.

«Естественные законы запоминания» очень просты, их три: ***впечатление, повторение и ассоциации.*** Другие «системы запоминания» основываются на этих трех.

Впечатление – это первое условие запоминания, так называемый, эмоциональный период. То, что вы хотите запомнить должно произвести на вас яркое, глубокое и прочное впечатление, т.е. эта информация должна вас сильно заинтересовать и на ней вы должны сосредоточиться. ***«Надо усвоить одну вещь, которая важнее всего другого и применять ее надо ежедневно, при любых обстоятельствах - сосредотачиваться на той работе, которой заняты в данное время»*** - вот один из секретов развития силы памяти.

Поскольку познание начинается с эмоций, то эмоции познанию нужны только положительные. Знание должно приносить радость и удовлетворение.

Начинать усвоение лучше всего с того, что приносит безусловную радость, с повторения, закрепления, просмотра сделанного накануне.

Пять минут глубокой сосредоточенности принесут больший результат, чем несколько часов работы без внимания.

В.А. Сухомлинский писал: «***Поставь над собой сто учителей – они окажутся бессильными, если ты не можешь сам заставлять себя и сам требовать от себя».***

К заинтересованности тесно примыкает внимание и наблюдательность.

«***Мозг среднего человека не воспринимает и тысячной доли того, что видит глаз. Почти невероятно, до чего бедна наша способность наблюдения - подлинного наблюдения***», говорил Эдисон.

Вот наглядный пример отсутствия наблюдательности у студентов 3 курса. После трех месяцев занятий в аудитории, это 12 занятий по 1,5 часа (18 часов нахождения в аудитории), на лекционном занятии им был задан вопрос: «Сколько талей и действующих установок находится в аудитории 212?». Ни один из студентов не мог назвать точную цифру имеющихся устройств.

Для усиления памяти следует подключать к информации возможно большее число органов чувств, например, видеть и читать вслух. Установлено, что зрительное впечатление прочнее, так как нервы, ведущие от глаза к мозгу в двадцать пять раз толще, чем нервы, ведущие от уха к мозгу.

Повторение – второй закон памяти. Для поступления в Каирский университет на вступительных экзаменах от поступающих требуется знание наизусть Корана. А чтобы только прочитать Коран вслух, надо затратить три дня!

От китайских студентов требуют знания наизусть некоторых религиозных книг и классических произведений.

Как арабские и китайские студенты запоминают такие большие объемы информации, кажущиеся невероятными? Это достигается посредством повторения, второго «естественного закона воспоминания». Если часто повторять, можно запомнить достаточно большой объем информации. Но при повторении надо иметь в виду следующее:

- не надо повторять текст снова и снова, пока он не закрепится в памяти. При этом целесообразно прочитать текст два, три раза, затем сделать перерыв и снова повторить. Повторение с интервалами позволит запоминать текст за время, меньшее наполовину, чем при запоминании в один прием;

- запомнив что-либо, за первые восемь часов забывается столько же, сколько за последующие тридцать дней, поэтому необходимы подкрепление памяти через восемь – десять часов.

«***Правильный путь такой: усвой то, что сделали твои предшественники, и иди дальше***», писал Л.Н.Толстой.

Третий закон памяти – ассоциация. Здесь имеется в виду то, что для эффективности запоминания необходимо ассоциировать объект запоминания с каким –либо другим фактом или фактами.

«***Все, что возникает в сознании, должно быть внесено в него, а будучи внесенным, оно вступает во взаимосвязь с тем, что там уже было… Тот, кто больше обдумывает получаемые сведения и***

устанавливает между ними более тесные взаимосвязи, будет обладать лучшей памятью», таково мнение ученых на этот счет.

Для ассоциации одного факта с другим, уже известным, необходимо обдумать новый факт со всех точек зрения и найти подходящую связь.

Очень большие и интересные возможности заключает в себе комбинированный тип закрепления и добычи из памяти информации – мнемоническая система. Эта система может быть использована каждым, кто заинтересуется вопросам развития своей памяти.

Информацию для запоминания можно представить в виде системы вопросов, которые должны быть составлены полно и разносторонне. Вопросы касаются как общего плана, так и частного, дробного, вытекающих из содержания информации.

Можно согласовать вопросы с книжными знаниями, обстоятельствами своей жизни, другими какими-то обстоятельствами. Например, можно соединить информацию с произведением искусства, музыки, с техническими решениями.

Необходимо привлекать такие два качества как творческое воображение и фантазию. Именно воображение, как прожектор, высвечивает из окружающей темноты новые знания, помогает систематизировать и связать факты настоящего и будущего. «***Воображение***, говорил К.Маркс,-…***великий дар, так много содействовавший развитию человека…***».

Способности к творческому воображению противостоят консерватизм, леность, узость мышления, которые и характеризуют умственную посредственность. Про отрицательные качества ума можно говорить весьма много, вот как отметил это Дюма-сын: «***Ум человеческий имеет свои пределы, тогда как глупость человеческая беспредельна***».

Заповедью студента, приступающего к освоению нового предмета, темы, должна быть такая - создать свои, личные, ощутимые накопления по его материалу-впечатления, эпизоды, вопросы, встречи и факты, свой жизненный опыт. Одним словом, сформировать свою личную базу познания. База должна быть проста и практичная.

Эмоциональным катализатором, прямым пособием по теме, могут стать книги по истории области познания, книги о судьбах выдающихся деятелей, первооткрывателей, творцов, изобретателей. Желательны книги из серии ЖЗЛ - «Жизнь замечательных людей». Увидеть мир через призму другой личности (как правило, личности выдающейся)- великий урок, заложенный в объеме нескольких сот страниц.

Следует еще раз напомнить, что лучший на свете педагог **– наш собственный интерес.** При вялом, пассивно-оборонительном состоянии чувств к изучаемому оно навсегда останется чужим и непонятным, а знание – мертвым, вызубренным.

Для тренировки памяти можно рекомендовать три основных способа:

- ***необходимо увеличивать способность концентрироваться на том, что планируется запомнить;***

- ***работать над созданием в памяти четкой картины и сохранением ее в памяти, чтобы вспомнить позже;***

- ***использовать свои способности мысленного представления и медитации для восстановления памяти, когда это потребуется.***

Для тренировки памяти по вышеуказанным способам необходимо затрачивать время хотя бы по 3…5 мин по каждому разделу.

Так, когда необходимо что-либо запомнить важное, надо сосредоточить свое внимание и подкрепить этот факт каким-либо жестом или движением. Это служит для того, чтобы напомнить себе, что в данное время нужно быть особенно внимательным к тому, что необходимо запомнить.

Жест или движение может быть любым, например, соединить большой и указательный пальцы или большой и мизинец и т.д. Затем мысленно повторить: «***Сейчас я буду очень внимателен и бдителен, буду фиксировать информацию в памяти и потом смогу вспомнить ее позже***». Проделать это несколько раз в этот и последующие дни.

Необходимо повторять обе части упражнения (медитацию и практику в реальных условиях) в течение нескольких дней, чтобы прочно связать действие, которое вы хотите выполнить (концентрация внимания) с согласующим знаком (жестом). Позже, когда эта связь закрепится при запоминании важной информации, достаточно выполнить согласующий жест, и вы автоматически станете более внимательны и бдительны.

Кроме концентрации внимания хорошая память зависит от создания ясной мысленной картины о месте, событии, информации, которые необходимо запомнить. Но на практике четкой картины не получается, в результате какая-то часть информации вообще не запоминается, что-то вспоминается с трудом.

Поэтому, одним из способов запоминания, это когда вы концентрируете свое внимание – представляете себя фотоаппаратом или магнитофоном, фиксирующим абсолютно точную картину или запись того, что вы испытываете.

Для развития этой способности нужна практика и нужны соответствующие упражнения, смысл которых заключается в том, что необходимо наблюдать объект, события, обстановку для получения картины. Затем отключиться от наблюдения и вспомните все, что можете (можно все записать). Сравните запомненное с действительной информацией и сделайте вывод о том, что вы запомнили и упустили из виду, т.е. какой вы наблюдатель или слушатель.

Практикуясь в этом упражнении, способность запоминать будет совершенствоваться и распространяться на другие типы информации.

Можно предложить для тренировки восприятия следующее упражнение - изучение какого-нибудь предмета или несколько предметов. Для этого необходимо положить предмет или предметы перед собой и внимательно смотреть на них в течение одной минуты и запоминать как можно больше элементов и признаков.

Затем убрать предметы из поля зрения и продолжать смотреть в то место, где они были и представлять, что предметы все еще находятся на этом месте. Желательно все записать на бумаге, чтобы сравнить, что было и что запомнилось. По мере практики процент расхождения будет меньше и меньше.

Смотреть как фотоаппарат, слушать как магнитофон - вот принцип тренировки. Этот принцип можно использовать везде, «где бы вы ни были», когда, например, едете в автобусе на учебу и т.д. Всмотритесь в какой-то объект, закройте глаза и воспроизведите информацию, откройте глаза и сравните вашу картину с тем, что вы запомнили. Так скоротаете дорогу и сделаете шаг в совершенствовании памяти и внимания.

Завершающий этап тренировки – вспомнить информацию по прошествию некоторого времени. Даже если все уже забыто, техника подсознательного процесса поможет восстановить информацию.

Что бы вы ни пытались вспомнить – формулу, рисунок, номер телефона, характеристику предмета или какого-то объекта - мысленно воссоздайте первоначальную ситуацию как можно подробнее, шаг за шагом. А если вы находитесь в такой обстановке, что можете реально повторить эту ситуацию, так и сделайте. Это поможет восстановить память. Такой прием повтора действий хорошо помогает найти, например, местоположение какой-то вещи, предмета, которые вы куда-то положили и забыли куда.

Когда приобретается опыт вызывания в памяти нужных вам сведений при помощи данной методики, можно развить способность вызывать мысленно образы для вызывания в памяти любых ситуаций или событий.

Ключевой момент при восстановлении в памяти ситуации - как можно ярче представить себя в ситуации, которую вы хотите вспомнить.

Еще раз напомним, что основной момент при совершенствовании развития памяти заключается в том, чтобы мысленно повторять то, что вы хотите усвоить. Делая это, закрепляется то, что усвоено при реальной практике, так как ум не проводит четких различий между тем, что выполняется в действительности, и тем, что выполняется мысленно.

Дело в том, что мысленный образ постепенно воплощается в реальность, в результате этого сокращается время реальной тренировки и уменьшается время, необходимое для совершенствования запоминания.

1.3 Об умственном труде

Практически всю жизнь человек работает над самоорганизацией вольно или невольно, однако умеет ли он делать это грамотно? Знает ли человек рецепты и правила деятельности в этом направлении?

На необходимость для творческой работы своеобразного режима и дисциплины духа указывали мыслители разных времен, разного масштаба. Такой порядок в понимании многих из них означал знание и умелое использование законов продуктивности интеллектуальной работы.

П.Я. Чаадаев в «Философских письмах» писал, что одно из главных условий продуктивной интеллектуальной работы – следование «режиму», создание своеобразной «гимнастики» для ума. В то время призывы «учиться культуре труда» были новы для русского общества. Но требовались не только призывы, но исследования и доказательства, чем и занялась школа русской физиологии под руководством И.Сеченова, И. Павлова, а впоследствии и П.Н. Введенского. Введенский П.Н. внес целый ряд важных представлений, которые составили весомую лепту в создании и обосновании научной теории умственной продуктивности.

П.Н. Введенский установил, что живая система изменяется не только под воздействием раздражителей, но и в процессе самой деятельности - важное открытие. Отсюда следовало, что деятельность нервной системы в разные временные интервалы…влияет на самое себя и жизнь нервной системы подчинена четким ритмическим закономерностям.

Ритм чередования активности и отдыха появляется в самом раннем периоде человеческого формирования. Изучение внутриутробной жизни плода показало, что крохотный человечек уже в теле матери живет по режиму, следуя строгому графику – ритм активности продолжительностью 40 минут и ритм сна около 20 минут. ***Строгое чередование остается в биологической памяти человека на долгие годы. И в зрелом возрасте существует естественная мера утомляемости –40 минут. Через этот промежуток, означающий рубеж органической активности, следует сделать если не остановку, то – хоть на миг- расслабление.***

Следует помнить и отмечать сорокаминутные отрезки-физиологическую «меру» силы. Если регулярно этот барьер игнорировать, есть риск загнать себя в переутомление, порождающее общее истощение и слабость организма и ведущее в итоге к неврозу, а затем к серьезным органическим расстройствам.

Чем серьезнее работа, тем дольше и глубже должны быть переключения: отдых и накопление энергии. Культура умственного труда базируется на правиле: никогда не доходить до переутомления, до изнеможения, до необратимых изменений нервной системы.

Устают и изнемогают не столько оттого, что много работают, а оттого, что плохо работают!

Н.Е Введенский назвал четыре условия успешного, производительного умственного труда [2].

Первое условие – во всякий труд надо входить постепенно.

Второе условие – труд должен отмечаться «мерностью и ритмичностью работы».

Третьим условием «является привычная последовательность и систематичность деятельности».

Четвертое условие, весьма важное для плодотворной умственной работы, заключается в «правильном чередовании труда и отдыха. По мере утомления мысли вяжутся в нашем сознании все вялее и вялее, внимание не удерживается с прежним напряжением на идеях, которые нас занимали, дело не идет должным образом. Необходим в начале такого состояния отдых для восстановления умственных сил, в противном случае последствия будут весьма плачевные».

В этой области можно условно назвать несколько моделей труда по именам ученых: Ньютона, Вернадского и Моцарта.

Имя Великого ученого **Исаака Ньютона** хорошо известно всем школьникам, но мало кто знает эпизод в его жизни, сыгравший существенную роль в его научной жизни.

Так случилось, что молодой бакалавр после окончания Кембриджского университета оказался в родной деревеньки в тот момент, когда Англия была объята вспышкой страшной инфекции – чумы. Передвижение по дорогам страны было весьма опасно и Ньютон оказался в глухой изоляции от внешнего мира на целых два года. Положение осложнялось тем, что под рукой у него не было ни книг, ни приборов, он был оторван от науки, лишен доступа к ней. По существу он и не успел еще войти в науку.

Два года одиночества и заточения стали звездным марафоном, определившим его исключительное место в мировой науке. В деревенской глуши сложился стиль работы Ньютона, присущая ему эвристическая модель, по своему уникальная.

За два года им проделана огромная научная работа: открыл законы тяготения, изобрел зеркальный телескоп, провел опыты по разложению света, подготовил основные предпосылки к созданию дифференциального и интегрального исчислений. Здесь Ньютон создавал и себя – дерзкого экспериментатора и исследователя.

Вот как описывает работу Ньютона его помощник и секретарь: «***Сэр Ньютон был очень любезным, спокойным и скромным. Занятиями он увлекался настолько, что часто забывал обедать…Спал он всегда четыре или пять часов…Думаю, его немало печалила необходимость тратить время на сон и еду. Он не позволял себе никакого отдыха и передышки, не ездил верхом, не гулял, не играл в кегли, не занимался спортом, он считал потерянный всякий час, не посвященный занятиям. Редко выходил он из своей комнаты, за исключением тех случаев, когда ему надо было читать лекции…***».

Ньютон представляет собой крайнее, почти символическое воплощение того типа человека, для которого губительно любое отклонение от труда. Жить для него означало - познавать.

Имя В.И. Вернадского стоит в первом ряду ученых мира. Он 60 лет из 82 прожитых отдал науке и стал ведущим ученым в шести самостоятельных науках, три из которых – геохимию, биогеохимию и радиогеологию – основал сам. Им создано около десяти научно-исследовательских институтов, организовал несколько важнейших научных комиссий, издал несколько фундаментальных трудов: «История минералов земной коры», «Очерки геохимии», труды по философии, естествознанию, науковедению. Организатор и директор Радиевого института, Биогеохимической лаборатории (впоследствии институт геохимии и аналитической химии АН СССР), Лауреат Государственной премии СССР (1943).

Вернадский обладал гигантской работоспособностью и своеобразным биоритмом. Он очень много занимался, причем всем – охотно и с радостью. Но никогда не доходил до изнеможения, до переутомления.

Его работа четко делилась на своеобразные «этапы энтузиазма». Кончился «энтузиазм» одной темы, отложил, охотно и с усердием занялся второй темой. Иссякнет рвение второго дела – примется за третье, затем устремляется в ту зону, где сознание работает наиболее активно.

Метод работы Вернадского – метод «кусочков времени», так он говорил о фрагментах своего труда.

У этой методики гибкого переключения, позволяющей заниматься несколькими проблемами и даже науками, было правило – каждое дело доводить до конца. Перерывы же в занятиях **означали подсознательную подготовку** к новым продвижениям, новым фазам энтузиазма.

Еще юношей он сформулировал программу и свою будущую жизнь. Он писал: «…***необходимо приобрести знания, развить ум***…***Первое дело-выработка характера***. ***Преимущественно следует откровенность, не боязнь высказывать и защищать свое мнение, не боязнь доводить до конца свои воззрения, самостоятельность, выработка речи. Второе –***

образование ума: знакомство с философией, с математикой, музыкой, искусствами.

Задача человека заключается в доставлении наивозможной пользы окружающим».

Свой нравственный идеал Вернадский сумел пронести незапятнанным через всю свою жизнь, сполна выполнить свою жизненную программу. Он мог осуществить задуманное благодаря избранному им методу жить, познавать, работать без надрывов и самоистязания. Он привычно держал свой ум разнообразно занятым, ищущим решение той или иной проблемы. Он достиг величайшего могущества, которое доступно человеку- могущества познающей мысли.

Третья модель умственного труда характерна для великого австрийского **композитора В. Моцарта.** Работал он очень много и на первый взгляд почти непрерывно. Однако его ритм и стиль работы отличался пульсацией, пунктирностью. Он писал: «***Когда я нахожусь наедине с собой и бываю в расположении духа, тогда рождаются у меня музыкальные мысли в изобилии и наилучшего качества. Тогда то, что приходит ко мне, все растет, светлеет, и вот пьеса, как бы она не была длинна, почти готова, так что я окидываю ее одним взором, как прекрасную картину или дорогого человека, и слушаю ее в своем воображении отнюдь не преемственно, как это имеет место впоследствии,-а как бы одновременно, это истинное наслаждение***».

Опыт показывает, черта истинного профессионала высокого класса – постоянная готовность к своему делу, стойкий настрой на него, высокая работоспособность при любых обстоятельствах. Такой человек произвольно вызывает у себя рабочее состояние, для него привычно умение собираться и включаться в решение проблемы.

Моцарт - светлый гений, работающий почти незаметно, по вдохновению, но оперативно и с большой отдачей. Он переосмыслил и обогатил все современные ему музыкальные жанры, воплотил в музыке передовые идеи эпохи Просвещения. Он написал «Реквием», одно из величайших произведений мировой музыкальной классики, оперы «Похищение из сераля», «Свадьба Фигаро», «Дон Жуан», «Волшебная флейта» и др., около 50 симфоний, концерты для фортепиано с оркестром, струнные квартеты, сонаты, вариации, фантазии, песни и др.

Три великих человека – три эвристические методики, три режима работы, три способа организации работы. Однако на практике способов, методик биоритмической организации своей интеллектуальной жизни гораздо больше, ибо каждая из методик свойственна каждому из нас, опирающихся на особенности нервной системы, интереса, интеллекта.

Человек ищет и создает ритм на протяжении всей своей жизни: режим дня, ритм речи, походки, мысли - каждый выстраивает их исходя из своего образа жизни. Познание себя есть уяснение своих возможностей и своих нервно-физических и эмоционально-интеллектуальных свойств.

Самопознание и саморазвитие – две стороны одного и того же занятия, то сливающиеся в одно целое, то ритмически сменяющие друг друга, как фазы.

Познание, обучение – пожалуй, единственный вид деятельности, который развивает ум, дает опыт, дарит радость от приобретенных знаний и удовлетворение. Давайте же учиться радоваться.

1.4 О мышлении, рассуждении и умозаключении

О познании в естественном движении многие знают: от ощущения к представлению, от представления – к понятию, от понятия – к логике и диалектике.

Школьники и студенты выучивают формулы по математике, физике, сопротивлению материалов, теоретической механике, деталям машин и многим другим дисциплинам не имея опытного основания, даже без скудного запаса первичных ощущений. В этом случае они получают готовые формы знаний, но часто эти знания не могут ими применяться в практическом деле.

На наш взгляд педагогические неудачи имеют место по той причине, что студенты получают знания в раздробленном, поэлементном виде, пофактно, поштучно. Знания одной дисциплины не увязываются с другими дисциплинами, предлагаются без взаимосвязи с практическим использованием.

Вот как по этому поводу высказался Уильям Голдинг: ***«Насущнейшая человеческая потребность – это искать связующие звенья между отдельными явлениями. Явления здесь события психологические, эволюционные, религиозные, философские, мистические, научные. Мне кажется, жизнь прошла попусту, если не в состоянии как-то сочетать, связать отдельное, разобщенное к некоему единству. Если я исповедую какую-то веру, то лишь веру: единство – главное дело человека. Инстинкт, насущнейшая потребность, главное назначение его жизни. Он должен стараться любым способом привести весь этот непостижимый мир к единству. Подчас кто-то подскажет, подтолкнет, может быть, нет, но главное направление должно быть неизменно. Это похоже, как большинство растений тянутся к свету, несмотря ни на что. Может быть, никогда не доберутся, но все равно тянутся***».

Близко по этому поводу высказывались и другие ученые, отмечая эффективную плодотворность мышления через изучение двух различных, далеких друг от друга области знаний.

Вот фрагменты из жизни известного исследователя: «***Талантливый, подающий надежды студент Александр Ферсман без колебаний покинул респектабельную и чинную музейную минералогию и … перевелся на историко-филологический факультет. Казалось, он изменил своему призванию – путешествующего минералога, к которому тяготел чуть ли не с детских лет. Ферсман ушел от любимой специальности из чувства протеста, так как ее рамки показались ему узки. Но пришел он в свою профессию иным, чем покинул ее. Время, отданное изучению истории и филологии, сторицей оправдало себя. Ферсман смотрел на минералы новыми глазами - лекции гуманитарных профессоров обращали его мысль к далекому прошлому человека. Теперь он мыслил не только как собиратель-практик, но и как историк. Оказывается, из одной науки есть ход в другую***».

Подобную плодотворность смены мышления, совмещения в нем разных, подчас очень удаленных проблематик, замечали и другие ученые. Об этом, в частности, размышлял В.П. Маслов, выдающийся советский математик, один из крупнейших специалистов по математической физике, лауреат Государственной (1978) и Ленинской (1986) премий. Он известен своими теоретическими работами и решением трудных прикладных задач. Человеку, занявшемуся наукой, он предложил такой маршрут в познании: «***Увлечься какой – нибудь одной проблемой и подробно и скрупулезно ее изучать и разбирать. И потом постепенно, решая задачи, с ней связанные, все более и более широко охватывать смежные вопросы и таким образом, «по спирали», получать образование. Очень хорошо бывает, и когда, скажем, одну проблему изучаешь, а потом начинаешь работать совсем в другой области***» [3].

Это хорошо согласуется с обучением в высших технических заведениях, где студентам приходится изучать в каждом из семестров несколько дисциплин. Здесь полностью можно перенять метод изучения, предложенный великими учеными, внимательнейшим образом изучать одну дисциплину, а затем перейти к другой, затем к третьей и т.д.

Практика рассуждения при всей ее необходимости и важности не способна сама по себе привести к отчетливому пониманию природы доказательного и убедительного мышления. Опираясь только на собственный индивидуальный опыт, никто не открыл пока ни одной схемы правильного рассуждения.

«***Все наше достоинство заключено в мысли***, - писал французский математик и философ XV!!в. Б.Паскаль. -***Не пространство и не время, которых мы не можем заполнить, возвышают нас, а именно она, наша мысль***. ***Будем же учиться хорошо мыслить…***».

Этот призыв следует адресовать нашим студентам, мышление которых находится в процессе активного формирования.

В процессе мышления следует особо обратить внимание на дедукцию – частный случай ***умозаключения***.

В широком смысле умозаключение – логическая операция, в результате которой из одного или нескольких принятых утверждений (посылок) получается новое утверждение – заключение (вывод, следствие).

В зависимости от того, существует ли между посылками и заключением связь логического следования, можно выделить два вида умозаключений.

В ***дедуктивном умозаключении*** эта связь опирается на логическое правило, в силу чего заключение с логической необходимостью вытекает из принятых посылок. Отличительная особенность такого умозаключения в том, что оно от истинных посылок всегда ведет к истинному заключению.

В ***индуктивном умозаключении*** связь посылок и заключения опирается не на правило логики, а на некоторые фактические или психологические основания, не имеющие чисто формального характера. Такое умозаключение не следует логически из посылок и может содержать информацию, отсутствующих в них. Достоверность посылок не означает поэтому достоверности выведенного из них индуктивно утверждения. Индукция дает только ***вероятные***, или ***правдоподобные***, заключения, нуждающиеся в дальнейшей проверке.

Индукция не дает полной гарантии получения новой истины из уже имеющихся. Максимум, о котором можно говорить,- это определенная степень вероятности выводимого утверждения.

Особенно характерными дедукциями являются логические переходы от общего знания к частному. Во всех случаях, когда требуется рассмотреть какое-то явление на основании уже известного общего принципа и вывести в отношении этого явления необходимое заключение, умозаключение делают в форме дедукции.

Рассуждения, ведущие от знания о части предметов к общему знанию обо всех предметах определенного класса,- это типичные индукции.

Нельзя вместе с тем отождествлять дедукцию с переходом от общего к частному, а индукцию-с переходом от частного к общему. Дедукция –это логический переход от одной истины к другой, индукция- переход от достоверного знания к вероятному. К индуктивным умозаключениям относятся не одни обобщения, но и уподобления, или аналогии, о которых говорится далее, заключения о причинах явлений и др.

Дедукция играет особую роль в обосновании утверждений: если рассматриваемое положение логически следует из уже установленных положений, оно обосновано и приемлемо в той же мере, что и последние. Это – собственно логический способ обоснования утверждений, использующий чистое рассуждение и не требующий обращения к наблюдению, интуиции и т.д.

Подчеркивая важность дедукции в процессе обоснования, ее, однако, не следует отрывать от индукции. Почти все общие положения, включая и научные законы, являются результатом индуктивного обобщения. В этом смысле индукция - основа нашего знания. Сама по себе она не гарантирует его истинности и обоснованности, но порождает предположения, связывает их с опытом и тем самым сообщает им определенное правдоподобие, более или менее высокую степень вероятности. Опыт – источник и фундамент человеческого знания. Индукция, отправляющаяся от того, что постигается в опыте, является необходимым средством его обобщения и систематизации.

Итак, дедукция – это выделение заключений, столь же достоверных, как и принятые посылки. В общих рассуждениях дедукция только в редких случаях предстает в полной и развернутой форме. Чаще всего указываются не все используемые посылки, а лишь некоторые. Не всегда явно формулируются и заключения, вытекающие из принятых посылок. Сама логическая связь, существующая между исходными и выводимыми утверждениями, лишь иногда отмечается словами, подобными «следовательно» и «значит».

Основной задачей логики является овладение правильных способов рассуждения и избегания неправильных. Правильные выводы называются обоснованными или логичными.

В правильном рассуждении заключение вытекает из посылок с логической необходимостью, и общая схема такого рассуждения представляет собой логический закон. Рассуждать логически правильно – значит рассуждать в соответствии с законами логики, поэтому важна необходимость знания этих законов.

Схем правильного рассуждения (логических законов) достаточно много. Многие из них известны из практики рассуждений, и их применяют интуитивно, без особых затруднений (в некоторых из них использован тот или иной логический закон)[4].

Вот примеры некоторых наиболее используемых логических схем.

«***Если есть первое, то есть второе; есть первое; следовательно, есть второе***». Эта схема позволяет от утверждения условного высказывания и утверждения его основания перейти к утверждению следствия. Для логически правильного перехода конкретное содержание посылок и заключения не имеет значения, важен только способ их связи. Поэтому в схеме вместо высказываний с определенным содержанием используются обороты «есть первое» и «есть второе».

«***Если есть первое, то есть второе; но второго нет; значит, нет первого***». Посредством этой схемы от утверждения условного высказывания и отрицания его следствия осуществляется переход к отрицанию основания высказывания.

«***Если первое влечет второе, то если второе влечет третье, то первое влечет третье*».** Эта схема часто и без затруднений применяется в самых разнообразных рассуждениях.

Например: «Если с ростом знаний о человеке возрастает способность защитить его от болезней и если с возрастанием этой способности растет средняя продолжительность человеческой жизни, то с ростом знаний о человеке растет средняя продолжительность его жизни».

*«**Если есть первое, то есть второе; следовательно, если нет второго, то нет и первого**»*. Это схема позволяет, используя отрицание, менять местами высказывания. К примеру, из высказывания «Если есть следствие, есть также причины» получается высказывание «Если нет причины, нет и следствия».

*«**Есть по меньшей мере первое или второе; но первого нет; значит, есть второе**»*. Например: «Бывает день или ночь; сейчас ночи нет; следовательно, сейчас день».

*«**Либо имеет место первое, либо второе; есть первое; значит, нет второго**»*. Посредством этой схемы от утверждения двух взаимоисключающих альтернатив и установления того, какая из них имеется налицо, осуществляется переход к отрицанию другой альтернативы.

Здесь следует отметить и заострить внимание на наличие парадоксов в логических рассуждениях. **Парадокс** в широком смысле – это утверждение, резко расходящееся с общепринятыми, устоявшимися мнениями, отрицание того, что представляется «безусловно правильным». Слово *парадокс* греческое, означает «необычное, странное, невероятное, замечательное».

Парадокс в более узком и более современном значении – это два противоположных утверждения, для каждого из которых имеются представляющиеся убедительными аргументы.

Наиболее резкая форма парадокса – антиномия, рассуждение, доказывающее эквивалентность двух утверждений, одно из которых есть отрицание другого.

Парадоксальны в широком смысле афоризмы, подобные таким: «*Люди жестоки, но человек добр*» или «*Признайте, что все равны,- и тут же появятся великие».*

Парадоксальность – характерная черта современного научного познания мира. Наука в постоянном развитии во все времена находилась в определенном конфликте с тем, что уже устоялось и стало привычным. Постоянно расширяющиеся знание периодически оказывалось не просто в рассогласовании, а даже в противоречии со старыми догмами.

Парадоксальным был, например, в свое время закон всемирного тяготения Ньютона, объединивший такие разные виды движения, как падение яблока и движение планет по орбитам.

Парадоксальными оказывались также отдельные, экспериментально установленные факты, вступившие в противоречие с ортодоксальными теориями.

Таким образом, наука постоянно порождала парадоксы. Но в условиях относительно медленного развития научного знания они были не очень многочисленными и не звучали столь резко. К тому же научные открытия и практические их приложения разделялись обычно большими промежутками времени, так что парадоксы локализовались по преимуществу в абстрактной, теоретической сфере и могли десятилетиями, а то и столетиями ожидать своего разрешения.

Быстрый рост научного знания в настоящее время сочетается с ускоренным внедрением новейших научных достижений в практику. В этих условиях противоречия между научными теориями, между теориями и опытом, как только они появляются, приобретают сразу же резкий и неотложный характер. Выявление таких противоречий и парадоксов и их разрешение стало для современной науки обычным делом.

Еще сто лет назад парадоксы воспринимались по преимуществу как крайне досадное препятствие на пути познания.

Противоречия науки и парадоксы воспринимаются теперь как естественное следствие процесса развития научного знания.

Особой популярностью парадоксы пользуются в самых строгих и точных из всех наук – математике и логике. Предлагаются сотни разнообразных их решений, но никаких общепринятых способов объяснения и устранения парадоксов пока не найдено.

Размышления над этими затруднениями является хорошей тренировкой ума, и прежде всего его остроты и последовательности. Важность этих качеств ума несомненна, ибо спутанность рассуждений не красит человека умственного труда.

Вот пример наиболее известного и интересного из логических парадоксов под названием «Лжец». Имеются несколько вариантов этого парадокса, многие из которых только по видимости парадоксальны.

В простейшем варианте «Лжеца» человек произносит всего одну фразу: «Я лгу». Лаконичная формулировка этого парадокса гласит: если лгущий говорит, что он лжет, то он одновременно лжет и говорит правду.

В древности «Лжец» рассматривался как хороший пример двусмысленного выражения. В средние века «Лжец» был отнесен к «неразрешимым предложениям». Теперь он именуется «королем логических парадоксов».

«***Логические парадоксы озадачили с момента своего открытия и, вероятно, будут озадачивать нас всегда. Мы должны, я думаю, рассматривать их не столько как проблемы, ожидающие решения, сколько как неисчерпаемый сырой материал для размышления. Они важны, поскольку размышление о них затрагивает наиболее фундаментальные вопросы всей логики, а значит, и всего мышления***», так писал немецкий ученый Г. фон Вригт.

Вот еще один парадокс: «Ни одно высказывание не является отрицательным», или проще: «Нет отрицательных высказываний». Однако само это выражение представляет собой высказывание и является как раз отрицательным - явный парадокс.

Здесь можно привести рассуждение о «**буридановом осле**», который, стоя между двумя одинаковыми охапками сена, мог остаться голодным и умереть с голоду. Осел стремился выбрать из двух охапок сена лучшую и не мог предпочесть ни одну из них.

Существует интересный способ рассуждения, требующий не только ума, но и богатого воображения, - это ***умозаключение по аналогии***. Сопоставляются два объекта и оказывается, что они сходны в каких-то своих признаках. Из этого делается вывод, что их сходство распространяется и на другие еще не рассматривавшиеся признаки. При таком рассуждении знание, полученное из рассмотрения одного предмета, переносится на другой менее изученный предмет. Это и есть умозаключение по аналогии.

Аналогия-старое понятие, известное уже греческой науке и средневековому мышлению. Было замечено, что соответствовать и быть сходными по своим свойствам могут не только предметы, но и отношения между ними.

Изобретатель паровой турбины Ч. Парсонс начал свою работу, исходя из аналогии между потоком пара и потоком воды в гидравлической турбине. Уподобление потока пара – потоку воды – это выявление сходных свойств разных объектов. Заметив это сходство, можно заключить, что сравниваемые предметы подобны и в других своих свойствах.

В хорошо известной планетарной модели атома его строение уподобляется строению Солнечной системы. Вокруг ядра на разном расстоянии от него движутся по замкнутым траекториям легкие электроны, подобно тому как вокруг Солнца обращаются планеты. В этой аналогии устанавливаются, как и обычно, сходство, но не самих предметов, а ***отношений*** между ними.

Атомное ядро не похоже на Солнце, а электроны - на планеты, но отношение между ядром и электронами во многом подобно отношению между солнцем и планетами.

По этим свойствам можно высказать предположение, что электроны, как и планеты, движутся не по круговым, а по эллиптическим траекториям. Это будет ***умозаключение по аналогии***, но опирающееся уже не на сходство свойств предметов, а на сходство ***отношений*** между, в общем-то, совершенно разными предметами.

Аналогия отношений, способная сопоставить и сблизить довольно многое, является мощным оружием человеческого мышления. В умелых руках такая аналогия может стать средством глубоких, опережающих свое время прозрений или поэтических образов, позволяющих увидеть объекты в новом свете и в необычном ракурсе.

Аналогию, дающую высоко вероятное знание, принято называть строгой или точной. Научные аналогии обычно являются строгими. Рассуждения по аналогии в науке дали много блестящих результатов, нередко совершенно неожиданных. Вот несколько характерных примеров.

В XV11 в. движение крови в организме сравнивали с морскими приливами и отливами. Врач В.Гарвей ввел новую аналогию – с насосом и пришел к фундаментальной идее непрерывной циркуляции крови.

Д.Менделеев расположил химические элементы в порядке возрастания их атомного веса и упорядочил их в строки и колонки на основе сходства свойств. Однако в таблице места 21, 31 и 32 остались незаполненными. Менделеев предположил, что эти места должны быть заняты еще не открытыми элементами, он указал количественные и качественные свойства их. Вскоре они были открыты, и предсказание Менделеева блестяще подтвердилось.

Химик Д. Пристли использовал аналогию между горением и дыханием и благодаря этому смог провести доказательство о том, что растения восстанавливают воздух, израсходованный в процессе дыхания животных или в процессе горения свечи.

Д.Гершель обнаружил, что пламя спиртовки становится ярко-желтым, если поместить в него немного поваренной соли. Если посмотреть на него через спектроскоп, то можно увидеть две желтые полосы из-за присутствия натрия. Гершель высказал мысль, что сходным путем можно обнаружить присутствие и других химических элементов, и впоследствии его идея подтвердилась, и возник новый раздел физики – спектроскопия.

Аналогия между живыми организмами и техническими устройствами лежит в основе бионики. Это направление кибернетики изучает структуры и жизнедеятельность организмов; открытые закономерности и обнаруженные свойства используются затем для решения инженерных решений и построения устройств, приближающихся по своим параметрам к живым системам.

Вот несколько примеров технических решений, которые имеют аналоги в природе. Гидравлический привод, аналог у паука;

пневматический отбойный молото - аналог у земляной осы; ультразвуковой локатор - у летучей мыши; реактивный двигатель – у кальмара; точный барометр - у лягушки, вьюна, пиявки; предсказатель штормов - у медузы; счетчик Гейгера – у улитки; гиротрон – у мухи; поляризационный солнечный компас – у пчелы; указатель скорости движения – у жука; опреснитель морской воды - в клюве альбатроса; высокочувствительный сейсмограф - у водяного жука и кузнечика и т.д.

Аналогия весьма часто встречается при изучении студентами различных дисциплин и в структуре отдельных дисциплин. Например, кинематические формулы поступательного движения аналогичны таковым формулам вращательного движения, по аналоги решаются ряд задач в различных дисциплинах и т.д., об этом пойдет речь подробнее в следующих разделах.

Таким образом, умозаключение по аналогии не только позволяет объяснить новые явления, но и тренировать память, развивать ассоциацию памяти, создавать новые научные направления или коренное преобразование старых.

1.5 Объяснение, понимание

Очень часто при ответах на те или иные вопросы преподавателя, студенты не могут вразумительно доказать и обосновать свой вариант ответа, у них нет логического обоснования, осмысленности высказывания.

Логические связи играют особую роль и при обосновании теоретических положений, минимизации ее исходных допущений, построении ее в форме аксиоматической системы или, если это возможно, ее формализация.

При ***аксиоматизации*** теории некоторые ее положения избираются в качестве исходных, а все остальные положения выводятся из них чисто логическим путем. Исходные положения, принимаемые без доказательства, называются ***аксиомами*** (постулатами), положения, доказываемые на их основе, - ***теоремами***.

Выявление многообразных связей, имеющихся между утверждениями научных положений, является важным моментом в обосновании как самих положений, так и входящих в них утверждений.

Особую роль в систематизации научной теории играет прослеживание тех цепочек, которые ведут от общих ее положений к утверждениям, непосредственно связанных с опытом. Такие цепочки проясняют внутреннюю структуру теории и прочно привязывают ее к фактам, к тому, что дано в непосредственном наблюдении. Тем самым теория превращается в средство ориентации в окружающем мире, в предпосылку его объяснения и понимания.

В самом широком смысле теоретическое объяснение – это рассуждение, посылки которого содержат информацию, достаточную для выведения из нее рассматриваемого факта или события.

Наиболее развитая форма научного объяснения – объяснение на основе теоретических законов. Так, чтобы объяснить, почему тело за первую секунду своего падения проходит путь в 4,9 м, мы ссылаемся на закон Галилея, который в самой общей форме описывает поведение разнообразных тел, движущихся под воздействием силы тяжести. Если требуется объяснить сам этот закон, мы обращаемся к более общей теории гравитации Ньютона. Получив из нее закон Галилея в качестве логического следствия, мы тем самым объясняем его.

Аналогично обстоит дело и с объяснениями студентов при ответах на некоторые вопросы преподавателей. Ответы в некотором роде также опираются на законы, однако студенты не могут сформулировать тот закон, на основе которого строится ответ.

Объяснить что-то – значит подвести ответ под уже известный закон. Глубина объяснения определяется глубиной той теории, к которой относится закон. Многие студенты не могут доказать достоверность своего ответа, сослаться на известный закон или аксиому, показывая тем самым слабость усвоенного материала.

Знание законов обеспечивают не только объяснение наблюдаемых фактов, но служат также средством ***предсказания***, или ***предвидения***, новых, еще не наблюдавшихся фактов.

Предсказание факта – это, как и объяснение, выведение его из уже известного закона. Схема рассуждения здесь та же самая: из общего утверждения (закона) выводится утверждение о факте. Предсказание, в сущности, отличается от объяснения только тем, что речь идет о неизвестном факте.

Например, нам известен закон теплового расширения и мы знаем также, что металлический стержень был нагрет. Это дает основу для предсказания, что если теперь измерить стержень, он окажется длиннее, чем был до нагревания.

Другой операцией мышления, входящей в систематизацию и обоснование знаний, является ***понимание***. Оно связано с усвоением нового материала, включением его в систему устоявшихся идей и представлений. Понять – означает раскрыть смысл, вложенный в текст. Мы говорим о понимании не только написанного или сказанного, но и о понимании действий человека, его переживаний. Пониматься может и неживая природа: в числе ее явлений всегда есть не совсем понятые современной науке, а то и просто непонятные для нее.

Не случайно физик П.Ланжеван утверждал, что «***понимание ценнее знания***», а другой физик- В.Гайзенберг считал, что Эйнштейн не понимал процессов, описываемых квантовой механикой, и так и не сумел их понять.

Понимание – универсальная операция. Как и объяснение, оно имеется во всех науках – и естественных, и гуманитарных.

Можно сказать и так: понятное – это отвечающее принятому правилу, а потому правильное и в определенном смысле ожидаемое. Сознание человека заполнено привычными представлениями, как должно и как не должно вести себя в данных обстоятельствах: *мой руки перед едой, по пустякам не огорчайся, семь раз отмерь…* и т.д.

Предпосылкой понимания является не только существование образцов для оценки, но и наличие определенных стандартов для сравнения. Таким образом, ***понимание можно определить как оценку на основе некоторого образца, стандарта или правила***. Пониматься может все, для чего существует такой образец, начиная с явлений неживой природы и кончая поступками, индивидуальными психическими состояниями и текстами.

Если объяснить - значит вывести суть из имеющихся общих истин, то понять - значит вывести ее из принятых общих ценностей.

Понимание природы – это оценка ее явлений с точки зрения того, что должно в ней происходить, т.е. с позиции устойчивых, опирающихся на прошлый опыт представлений о «нормальном» или «естественном» ходе вещей.

Понимание действия какого-то исторического лица, значит, вывести обязательность действия из тех целей и ценностей, которых оно придерживалось.

Способы обоснования лежат в основе научного, общезначимого метода. Они представляют собой те инструменты, с помощью которых субъективное убеждение, догадка, гипотеза превращаются в независимое от индивида, объективное знание.

Существуют также приемы обоснования, не опирающиеся непосредственно ни на данные опыта, ни на критическое размышление. В числе таких приемов, имеющих, как правило, субъективный характер есть: ***интуиция, вера, авторитет, традиции*** и т.п.

Эти приемы не могут убеждать других, поэтому их называют нерациональными или недемонстративными. Они не являются приемлемыми ни в науке, ни в других, имеющих строгую обоснованность, рассуждениях, но о них необходимо иметь представление для возможного применения в рассуждениях.

Интуиция – есть прямое усмотрение истины, постижение ее без всякого рассуждения и доказательства. Для интуиции характерны неожиданность, невероятность, непосредственная очевидность и неосознанность ведущего к ней пути.

С «непосредственным схватыванием», внезапным озарением и прозрением много неясного и спорного, но интуиция существует и играет заметную роль в познании. Далеко не всегда процесс научного, художественного творчества и постижения мира осуществляется в развернутом, расчлененном на этапы виде. Нередко человек охватывает мыслью сложную ситуацию, не отдавая отчета во всех ее деталях, иногда даже не обращая на них внимание.

Ее своеобразие состоит в том, что отдельные звенья процесса мышления проносятся бессознательно и запечатлевается только итог мысли – внезапно открывшаяся истина.

Нередко интуиция ставится выше логики даже в математике, где роль строгих доказательств особенно велика.

Логика и интуиция не исключают и не подменяют друг друга, а тесно переплетаются, поддерживая и дополняя одно другое.

Интуиция приводит к интересным новым идеям, но она нередко порождает также ошибки, вводит в заблуждение. Интуитивные догадки субъективны и неустойчивы, они нуждаются в логическом обосновании. Чтобы убедить в интуитивно схваченной истине, как других, так и самого себя, требуется развернутое рассуждение, доказательство [5].

Вера также является одним из элементов познания, но и она не может служить надежным основанием знания. В чем-то родственная интуиции, вера заставляет принимать какие-то положения за достоверные и доказанные без критики и обсуждения. Как и интуиция, вера субъективна и меняется от человека к человеку. В разные эпохи предметом искренней веры были диаметрально противоположные воззрения. То, во что когда-то свято веровали все, спустя время большинству представлялось уже наивным предрассудком.

Тем не менее, случалось, что конкретная «реальность» веры ставилась выше «истин умозрения». «***Верую, чтобы понимать***»,- заявлял Блаженный Августин, ибо легко верить в то, что подтверждается и рассуждением; но нужна особенно сильная вера, чтобы верить в то, что противостоит и противоречит разуму. Только вера способна заставить принять логически недоказуемое и невероятное, добиваться поставленной цели.

Известно, что всякое мышление исходит из определенных, явных или неявных, анализируемых или принимаемых без анализа предпосылок, ибо оно всегда опирается на прошлый опыт и его осмысление. Но предпосылочность теоретического мышления и ссылка на ***авторитет*** не тождественны.

Если все основное уже сказано авторитетом, на долю его последователей остается лишь интерпретация и комментарий известного. Мышление, плетущееся по проложенной другими колее, лишено творческого импульса и не открывает новых путей.

Проблема авторитета сложна, у нее много аспектов. Здесь затронута только одна ее сторона – использование мнений, считаемых достаточно авторитетными, для целей обоснования новых положений. Однако следует отметить и роль авторитета в качестве наставника и образца. Здесь уместно привести цитату из «Литературных и житейских воспоминаний» И.С. Тургенева, которая убедительно говорит о том, как в молодости важно иметь наставника и каким должен быть подлинный авторитет: «***Авторитет авторитету – рознь. Сколько я помню, никому из нас (я говорю бо университетских товарищах) и в голову не пришло бы поклонится перед человеком потому только, что он богат или важен, или очень большой чин имел; это обаяние на нас не действовало – напротив... Даже великий ум нас не подкупал; нам нужен был вождь; и весьма свободные, чуть не республиканские убеждения отлично уживались в нас с восторженным благоговением перед людьми, в которых мы видели своих наставников и вождей. Скажу более: мне кажется, что такого рода энтузиазм, даже преувеличенный, свойственен молодому сердцу; едва ли оно в состоянии воспламениться отвлеченной идеей, как бы прекрасна и возвышенна она не была, если эта самая идея не явится ему воплощенною в живом лице – наставнике... Независимость собственных мнений, бесспорно, дело почтенное и благое; не добившись ее, никто не может назваться человеком в истинном смысле слова; но в том-то и вопрос, что ее добиться надо, надо ее завоевать, как почти все хорошее на сей земле; а начать это завоевание всего удобнее под знаменем избранного вождя***».

Что же нужно знать для успешного формирования тех качеств, которыми обладает ваш идеал?

Ответ на этот вопрос дает совет А.М. Горького: «***Когда природа лишила человека его способности ходить на четвереньках, она дала ему в виде посоха идеал! И с той поры он бессознательно инстинктивно стремился к лучшему – выше! Сделайте это стремление сознательным, учите людей понимать, что только в сознательном стремлении к лучшему – истинное счастье***».

Важно помнить, что если отношение человека к миру основывается на высоких гуманных идеалах и является достаточно сознательным и устойчивым, то ему будет легче противостоять различным явлениям, в том числе и негативным.

Авторитет преподавателя, несомненно, должен положительно влиять и на студентов, ибо преподаватель может и должен прививать любовь студентов к своей дисциплине и наоборот, может «антиавторитетом» оттолкнуть их от читаемой дисциплины.

1.6 О самообразовании

Перед началом изложения следующего вопроса хочется привести то, что высказывал Генри Форд: «***Если я захочу погубить конкурентов, то дам им побольше узких специалистов***». Этот парадокс объясним, ибо узкий специалист не способен творчески широко мыслить, поскольку лишен обширных знаний различных областей знаний, общекультурного кругозора.

Потребность в широко образованных специалистах особенно необходима для строительного производства. По этой причине общеобразовательной подготовке будущих технических инженеров придается огромное значение. Студенты изучают достаточно большое число дисциплин, формирующих образовательный технический уровень: математику, химию, физику, технологию металлов, начертательную геометрию, машиностроительное черчение, теоретическую механику, сопротивление материалов, теорию механизмов и машин, детали машин, метрологию, гидравлику, электротехнику, теплотехнику и ряд других.

Если хотя бы около 10% каждой дисциплины осознанно усваивалось студентами, то это были бы хорошо подготовленные специалисты. Но в действительности картина весьма неутешительная, например, студенты третьего курса при опросе и собеседованиях не могут ответить на вопросы из средней школы, не понимают значения общеизвестных терминов: коэффициент трения, КПД, мощность, работа, сила, момент инерции массы тела, момент инерции сечения тела и т.д. Остаточных знаний практически нет, и выпускник ВУЗа имеет, к сожалению, низкий уровень знаний.

Поэтому после окончания ВУЗа молодым инженерам приходиться учиться заново и заниматься ***самообразованием***. Самообразование – это многоаспектное, многолинейное развитие личности. Самообразованием необходимо заниматься со студенческих лет, вот перечень основных составляющих:

- ***экстенсивная*** – накопление, приобретение новых знаний;
- ***ориентирования*** – определение себя и своего места в обществе;
- ***компенсаторная*** – преодоление недостатков школьного и вузовского обучения, ликвидация «белых пятен», механических знаний;
- ***саморазвития*** – совершенствование своего сознания, памяти, мышления, творческих качеств;
- ***методологическая*** – преодоление профессиональной узости;
- ***коммуникативная*** – установление связей между науками, профессиями, сословиями;

-***сотворческая*** – сопутствие, содействие творческой работе, непременное дополнение ее;

- ***омолаживания*** – преодоление инерции собственного мышления, чтобы жить полноценно и развиваться, нужно время от времени переходить от положения учащего на положение учащегося;

- ***психологическая*** – сохранение полноты бытия, чувства причастности к интеллектуальному движению;

- ***геронтологическая***- поддержание связей с миром и через них- жизнеспособности организма.

Самообразование есть творческая работа по развитию своей личности, расширению эрудиции, углублению миропонимания. Оно является важной составляющей творческо-преобразовательной, духовной деятельности человека, превращения репродуктивной деятельности в продуктивную.

Самообразование-это путь развития как интеллекта, так и личности в целом.

Самообразование – необходимое, постоянно слагаемое жизни культурного, просвещенного человека, которое должно сопутствовать ему всегда. Поэтому важно уже с юношеских лет вызвать у себя желание самосовершенствоваться, это доступно каждому.

Особая ценность самообразования- в самостоятельном поисковом размышлении, в свободном усвоении свободно избранной области знаний.

Студенты находятся в таком возрасте, когда начинают задумываться о будущем, о том, кто является идеалом, подражая которому можно определить ближайшие для себя цели и задачи самовоспитания и самообразования.

Постоянно самосовершенствоваться – значит занимать активную позицию во всем, добросовестно и энергично решать пусть малую, но конкретную задачу на своем месте. Важно помнить, что труд только тогда дает наибольшее удовлетворение, когда он будет не только и не столько источником материального благополучия, а станет такой потребностью, удовлетворение которой доставляет величайшее наслаждение. В период обучения труд студента есть постижение учебных дисциплин и этот труд тоже должен приносить радость и удовлетворение.

Вот как писал М.Горький: «***Нужно любить то, что делаешь,- и тогда труд, даже самый грубый, возвышается до творчества***!».

Каждый из студентов должен уметь осознавать свои эмоции и управлять ими, не должен отвлекаться от морально-эстетической оценки своих чувств, своего поведения на основе сложившегося идеала. Без самооценки самим индивидом тех действий, который он совершает, поведение не может быть саморегулирующимся; самооценка, самоконтроль и коррекция поведения – неразрывно связанные процессы.

Каждый из студентов может достичь такого уровня осознанности оценочных суждений, который позволит регулировать свои действия с точки зрения общественного идеала, морали и представлений о красоте.

Но как правильно познать себя и свои собственные недостатки? Большую помощь в этом деле окажет сравнение себя с другими. Сравнивая себя с окружающими людьми, можно сделать правильный вывод о сущности своего «**я**». Но только этого недостаточно, ибо полностью познать себя можно только в деятельности. Полезно вспомнить совет великого В.Гете: «***Как можно познать себя? Не путем созерцания, но только путем деятельности. Попробуй исполнять свой долг, и ты узнаешь, что в тебе есть***».

Итак, если научиться правильно оценивать себя, то можно контролировать и изменять в нужном направлении собственное поведение, претворять в жизнь свои планы и идеалы.

Для достижения поставленной цели полезно наметить ступени, результаты и задачи, рассчитанные на какое-то время, которые помогут лучше видеть и осязать конечный результат. Такого рода задачи смогут стать ориентирами в достижении успехов в жизни. Л.Н. Толстой советовал: «*...**имей цель для всей жизни, цель для известной эпохи твоей жизни, цель для известного времени, цель для года, для месяца, для недели, для дня и для часу, и для минуты, жертвуя низшие цели высшим***». Конечно, такие жертвы нелегко даются человеку, и тем более в молодом возрасте. Но, как образно высказывался Лафонтен: «***Путь, усыпанный цветами, никогда не приводит к славе***».

Как следует из приведенного, без воли добиться желаемого практически невозможно, а воля рождается в борьбе, в преодолении трудностей. Воля, как и мускулы, развивается в работе, при определенном напряжении, в процессе преодоления препятствий. Воспитание воли – большой труд и здесь важна уверенность в успехе, в своих силах. Это необходимое условие работы над собой, ибо самое гибельное в данном деле – неверие в самого себя. Важно подходить к решению всех вопросов с оптимистических позиций, так как это порождает положительные эмоции и стимулирует человека на преодоление трудностей. ***Надо помнить, что даже маленькая победа над собой делает человека намного сильнее***.

Для успешного решения многих планов нужна ***внутренняя активность.*** Она должна быть целенаправленна и осуществляться с пониманием сущности происходящих в человеке психических процессов. Обучаясь управлять своими чувствами, психическим состоянием, укрепляются и развиваются нужные черты характера (самообладание, выдержка), что помогает в учебе и работе, творческом развитии и достижению поставленной цели.

Каждый человек от рождения обладает творческой энергией, так как суть творчества состоит в выдвижении новых идей, в выполнении работы по-новому (другому), в обдумывании альтернативных вариантов и принятие решения. Творчество – это основа любого социального прогресса и перемен, оно наиболее эффективно, когда направляется в соответсвиии с какими-то потребностями, организуется и управляется в расчете на высокий результат.

Творческую энергию можно и нужно развивать как в учебном процессе, так и при выполнении какой-либо работы. Преподаватели технических дисциплин должны ***выявлять и раскрывать творческие наклонности и способности***, о которых многие студенты возможно и не подозревают.

Какие в настоящее время существуют методы развития творчества, в том числе изобретательского? Известно довольно большое число методов, из которых можно остановиться на двух группах: ***эвристические и компьютерные***.

Эвристические методы технического творчества, основаны на использовании достаточно четко описанных методик и правил поиска новых технических решений. Эти методы начали разрабатывать еще с древних времен (Сократ, Архимед), особое внимание им уделяли Р. Декарт и Г. Лейбниц.

В настоящее время известно более 100 эвристических методов, методик, подходов и их модификаций. Из них можно выделить метод мозговой атаки, метод эвристических приемов, метод морфологического анализа и синтеза и т.д.

Компьютерные методы поискового конструирования, основаны на использовании ЭВМ в решении творческих инженерных задач. Эти методы начали разрабатывать и применять в 60-х годах прошедшего века. В настоящее время известны десятки различных подходов и методов поискового конструирования, с помощью которых решаются весьма сложные инженерные задачи.

Можно отметить следующие компьютерные методы: метод синтеза технических решений на И – ИЛИ графах, синтез физических принципов действия, математического программирования-синтеза оптимальных структур и форм и т.д.

При изучении технических дисциплин нужно обращать внимание студентов не на статику сегодняшнего или вчерашнего дня, а на ***диалектику прогрессивного развития техники***. При этом целесообразно показать, почему и благодаря каким творческим решениям прошлое поколение машин или устройств было заменено настоящим. Какие сегодня стоят задачи совершенствования техники и технологии, каким требованиям должно удовлетворять следующее поколение машин?

Решению творческих задач должно уделяться повышенное внимание при выполнении исследовательской работы студентов в кружках СНО, курсовых и дипломных работ и проектов.

Хотелось бы, чтобы студенты имели представление о **межотраслевом фонде эвристических приемов преобразования объекта**. Таких приемов можно выделить 12: ***преобразование формы, преобразование структуры, преобразования в пространстве, преобразования во времени, преобразование движения и силы, преобразование материала и вещества, приемы дифференциации, количественные изменения, использование профилактических мер, использование резервов, преобразования по аналогии, повышение технологичности***.

Что собой представляют эти приемы? Например, ***преобразование формы***, содержит 16 видов преобразования. Вот некоторые из них: использовать круговую, спиральную, сферическую или другую компактную форму; перейти от симметричной формы и структуры к ассиметричной, инверсия приема и т.д.

По такому принципу построены остальные 11 форм, в каждой из которых по 15-20 различных предложений. Такие сведения дают достаточно хорошую подсказку к решению тех или иных поисковых задач.

Еще более интересные и познавательные сведения дает **фонд физико-технических эффектов**. В этом фонде содержится 120 различных физико-технических эффектов, знание сущности которых значительно облегчит процесс творческого решения проблемных задач. Пример: ***деформационное упрочнение металлов*** – упрочнение металлов при пластической деформации. Предел прочности возрастает с увеличением степени пластической деформации; ***эффект Коттона-Мутона*** – двойное лучепреломление света в изотропном веществе, помещенном в сильное магнитное поле(перпендикулярное световому лучу) и т.п.

Студентам можно рекомендовать три упрощенных подхода, которые будут способствовать развитию творчества.

- ***Нахождение новых методов или средств для достижения цели***. В этом случае особенно подходит известное изречение: «Необходимость порождает изобретения». В любой ситуации нельзя падать духом, а стараться находить выход из положения, который должен существовать.

- ***Нахождение нового применения известных вещей, процессов, явлений, способов и т.д***. Нахождение новых путей применения для вещей является сутью новаторства и имеет много преимуществ. Надо подумать, как использовать знакомые вещи по другому назначению. Это можно делать одному или с товарищами посредством «мозгового штурма».

- ***Внесение изменений в то, что уже имеется, или комбинирование новыми способами того, что уже имеется***. Сделать что-либо по-другому или лучше – это основная польза от творчества. Внести изменения можно: среди знакомых вещей, в окружающей обстановке, в комбинации вещей и т.д.

Учиться можно и должно – это истина творческого сознания в действительной жизни. Для творческого сознания жизнь и учеба-неразрывная часть жизни. Как говорит пословица «Век живи, век учись».

В самосовершенствовании человека немаловажная роль отводится чувствам, которые могут оказывать сильное влияние на психическое состояние и другие показатели.

Управлять своими чувствами и психическим состоянием можно, используя ***самоодобрение, самоубеждение, самоприказ, самовнушение, аутогенную тренировку***.

Самоободрение – обращение к самому себе для укрепления веры в себя. При самоободрении используются следующие приемы: самоуспокоение, внушение уверенности в успехе дела, внушение уверенности в себе – я смогу, равнение на любимого героя – как бы поступил мой герой?

Самоубеждение – убеждение себя в чем-либо путем подбора соответствующих доводов и аргументов. С помощью самоубеждения можно регулировать психические состояния, поступки как путем одобрения , так и путем осуждения себя и своих действий.

Самоприказ –приказ самому себе – действенный прием для выработки самообладания и умения управлять собой даже в самых экстремальных условиях. Самоприказ оказывается значительнее эффективнее, если он соответствует ведущим жизненным целям человека, его убеждениям. Эффективность самоприказа возрастает, если использовать самоубеждение, т.е. находить все новые и новые доводы и аргументы в пользу выполнения самоприказа. Самоубеждение может завершаться принятием определенного решения и самоприказом выполнить его: «Надо!», «Сделать!», «Хватит!», «Все!» и т.п.

Самоприказ и самоубеждение взаимосвязаны. Самоприказ будет наиболее действенным, если он дается на основе самоубеждения, а самоубеждение приводит к *волевому действию*, если оно завершится самоприказом выполнить принятое решение.

Для успешного овладения самоприказом можно использовать следующую памятку:

-только тот победит любые трудности, кто сам себе командир, кто способен самоприказывать;

-не жди, когда тебе укажут, будь сам инициативен, действуй по собственному почину;

-не забывай решительно и твердо приказывать себе тогда, когда надо преодолеть лень, усталость, жажду, робость, страх, дурное настроение;

-надо упорно побеждать все, что мешает достижению цели, а прежде всего недостатки своего характера.

Чем же можно объяснить необыкновенную и чудодейственную силу самовнушения?

Самовнушение основано на слове как раздражителе. Слово является носителем мысли, чувства, воли. Это одна из причин силы воздействия самовнушения. Другая причина заключается в том, что самовнушение многократно усиливается при расслаблении мускулатуры всего тела и сознание целиком концентрируется на том, что внушается.

Формулы самовнушения должны произноситься от первого лица в настоящем времени в утвердительной форме. Человек должен верить в силу самовнушения. Сомнение, критика и т.д. могут полностью лишить действенности этого метода самосозидания.

Эффективность самовнушения зависит от умения полностью отвлечься от всего постороннего и полностью переключиться только на содержание формул самовнушения и ощущения того, что они выражают.

Разновидностью самовнушения является аутогенная тренировка.

Следует отметить, что труд – превосходное средство воспитания воли и характера. Физическая и умственная праздность порождают тяжелую гнетущую скуку. Когда у человека нет возвышенных целей, его умом неизбежно овладевают мелкие интересы. У кого нет серьезного дела, тот всегда хватается за бесконечное пережевывание мелочных обид, а это убивает человека. Воля атрофируется у таких людей.

«***Если вы удачно выберете труд и вложите в него свою душу, то счастье само вас отыщет***», так писал Аристотель.

Труд закаляет волю – источник всякого прочного счастья, лень, стремление к праздной жизни, разлагают человека. Вот высказывание по этому поводу Ф.Вольтера: «***Работа избавляет нас от трех великих зол: скуки, порока, нужды».***

Принято говорить: воля – залог счастья и успеха в жизни, ибо воля дает человеку возможность преодолевать трудности на пути к цели. А цель определяет смысл и направленность человеческой жизни. И.П. Павлов на основе длительного изучения рефлекса цели пришел к выводу: человек без цели – самоубийца.

Об этом очень ярко и убедительно пишет известная дагестанская поэтесса Фазу Алиева в своем стихотворении: «...***Убийца всех достоинств в человеке –безделье. И позорнее – вовеки порока в людях не было, и нет.***

Не в праздном воздыханье на диване, а в празднике полезного труда ищи свой смысл... И разочарованье не потревожит ум твой никогда».

И еще один мудрый совет на эту тему философа Эпиктета: «***Каждый знает, что всякая привычка от упражнения усиливается и укрепляется. То же самое бывает и со способностями нашей души: когда ты сердишься, то знай, что ты делаешь не одно это зло, но что вместе с тем ты усиливаешь в себе привычку к гневу,- ты подкладываешь дрова в огонь...А потому, если ты не хочешь приучать себя к гневу, то всячески сдерживай свой гнев и не давай привычке нарастать... Прими также в соображение то удовольствие, которое будешь испытывать, если воздержишься***».

Помнить надо и то, что трудно будет воздерживаться, если однажды преступить меру. Дело в том, что даже незначительное произведенное действие, повторяясь, продолжительное время и складываясь, представляет значительную силу, превращаясь в привычку.

Упрочившаяся привычка незаметно, но постоянно влияет на человека. Каждый из нас знает из собственного опыта, что любое действие в первый раз выполняется с трудом, второй раз легче и чем дальше, тем все с меньшими и меньшими усилиями.

Регулярное постоянное занятие чем-либо вначале может представляться даже тягостным и неприятным, но потом, по мере освоения, оно становится менее обременительным, а затем может превратиться в привычку и потребность, неудовлетворение которой теперь уже вызывает неудовольствие.

Систематически повторяющиеся действия, переходящие в привычку, ведут к верному успеху. Пусть каждый из студентов каждый день делает немногое, но с волевыми усилиями над собой, что приведет в конце концов к свершению больших дел. Без такого регулярного, ежедневного, кропотливого труда не делается ни одно большое дело. Надо ежедневно трудиться, чтобы не поддаваться лени. Здесь уместны слова Н.Заболоцкого: «***Не позволяй душе лениться. Чтоб в ступе воду не толочь, душа обязана трудиться, и день и ночь, и день и ночь!*»**.

Важность маленьких усилий состоит в том, что каждое вносит свою лепту в укрепление привычки, воли и характера. Каждое предыдущее усилие облегчает трудность последующего.

Кроме всего, регулярно совершаемое действие может поддерживать бодрость мысли, развивать внимание, приносить радость.

Главным условием плодотворности труда является его непрерывность, ибо все великое в мире достигнуто благодаря настойчивости и терпению. Даже гениальный ум не помог бы Ньютону открыть и доказать закон всемирного тяготения, если бы он не думал о нем постоянно. Кстати, сам Ньютон всегда говорил о себе, что он отличается не силой своих способностей, а силой терпения.

Но следует помнить о том, что привычки могут быть полезными и вредными. Естественно, от вредных привычек необходимо избавляться и не давать им возможность закрепляться, так как они могут иметь губительные последствия для человека.

И как важно и полезно вырабатывать у себя полезные привычки, которые становятся чертами нашего характера. К этим привычкам можно отнести: ***дисциплинированность, аккуратность, исполнительность, решительность, настойчивость, выдержку, самостоятельность, активность, принципиальность, общительность, деловитость, трудолюбие*** и многие другие.

Итак, в этом разделе в краткой форме изложены те сведения, которые охватывают мыслительную деятельность человека и которые должны быть приняты молодыми людьми- студентами к сведению и, самое главное, к исполнению.

Не случайно, мышление называют «вселенной внутри нас». Охватить даже наиболее важные его особенности в одном разделе пособия, конечно же, невозможно. Но иметь представление о мышлении, законах правильного мышления, о формальной логике, студентам, конечно же, надо.

Искусство правильно мыслить предполагает не только логическую последовательность, но многое другое. И, прежде всего стремление к истине, интеллектуальной честности, творчеству и смелости, критичности и самокритичности ума, его неуспокоенности, умению доказательно отстаивать свои убеждения и ответы и т.п.

Размышление над основными принципами и операциями мышления способствует развитию и совершенствованию не только собственно логических, но и других мыслительных навыков. Оно учит, в частности, умению обобщать, абстрагироваться (отвлечение в процессе познания от несущественных сторон рассматриваемого явления с целью сосредоточится на основных, существенных его чертах, раскрыть их сущность. Абстракция есть необходимая ступень в процессе познания объективного мира) и сосредотачиваться раскрывать замысел и композицию некоторого целого, связывать его части, выявлять главное и отделять его от второстепенного и побочного, усматривать необычное в обыденном и т.п.

Понимание принципов мыслительной деятельности является одним из ценных знаний человека, поскольку делает ум максимально точным в своем анализе, последовательным в выводах и положительно влияет на теоретическое и практическое приложение мышления человека.

Очень хотелось бы, чтобы наши студенты совершенствовали свое мышление и связанные с ним процессы с учетом тех положений, которые были рассмотрены в данном разделе.

Напомним еще то, что старый символ мудрости - сова. В древней Греции она считалась спутницей богини Афины Паллады, помогающей человеку в работе и в сражениях и олицетворяющей также мудрость.

Старый символ остался, и осталась глубокая мысль, что мудрость- это не просто обширные знания, но, прежде всего, умение рассуждать, правильно мыслить и принимать эффективные решения. Так будем же учиться мудрости с усердием и прилежанием, и она воздаст нам с избытком доброго и хорошего!

2 НЕОБХОДИМЫЕ СВЕДЕНИЯ

Как уже отмечалось ранее, студенты третьего курса имеют слабую подготовку и уровень основных знаний по изученным на первом и втором курсах общетехнических дисциплин. Такое положение ограничивает мышление, и затрудняет усвоение курса «Детали машин». При опросе студенты в большей части не знают тот или иной закон, аксиому или термин из теоретической механики, сопротивления материалов, теории механизмов и машин, а если и называют, то не могут объяснить смысл сказанного, привести подтверждающий и доказывающий конкретный пример.

По этой причине считаем целесообразным привести основные сведения из пройденных дисциплин, которые слабо усвоены студентами и которые необходимы для успешного изучения и познания деталей машин, и других технических дисциплин. ***Эти положения необходимо выучить наизусть и самое главное – осмыслить и «пропустить» через сознание.*** Советуем, все, что изложено в этом разделе надо заново, с чувством, с толком, с расстановкой не читать, а изучить и усвоить фундаментально «на век». Начнем с понятия силы.

2.1 О силе и связях

Сила – является одним из основных физических понятий. Несмотря на то, что знакомство с силой начинается в средней школе при изучении физики, затем на первом и втором курсах университета при изучении теоретической механики, сопротивление материалов и других дисциплин, полного понятия и знания о силе у студентов нет.

Первое, что необходимо усвоить это то, что ***сила возникает в результате взаимодействия тел***. Поэтому чтобы узнать и показать силы, приложенные к телу, необходимо выяснить какие другие тела взаимодействуют с данным телом.

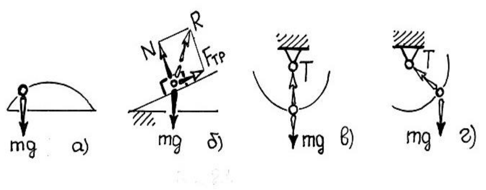

Рисунок 2.1 – Примеры взаимодействия тел

В качестве примера рассмотрим простейшие случаи взаимодействия тел (рисунок 2.1): а) тело брошено под углом к горизонту; б) тело скользит по наклонной плоскости; в) тело вращается на нити в вертикальной плоскости; г) тело колеблется в вертикальной плоскости.

В случае а), с телом взаимодействует только Земля, она притягивает его и к нему приложена единственная сила – сила тяжести mg. Если бы учитывалось сопротивление воздуха, то следовало бы ввести силу сопротивления.

Часто студенты в данной ситуации указывают силу, которая вызвала движение тела, но она действовала в начальный момент и в движении эта сила уже отсутствует, остался лишь ее результат – начальная скорость тела.

Надо запомнить: ***нет взаимодействия тел или оно закончилось – нет и сил.***

Однако студенты в оправдание высказывают следующее, если на тело действует только одна сила тяжести, то почему же оно не падает вертикально вниз, а движется по наклонной траектории?

Здесь явное не совпадение направления движения тела с направлением действующей на него силы. Ответ надо искать в соответствие со вторым законом Ньютона, который формулируется следующим образом: ***ускорение тела прямо пропорционально равнодействующей всех сил, приложенных к телу, обратно пропорционально массе тела и направлено вдоль направления равнодействующей сил.***

Аналитически это может быть выражено формулой

$$\boldsymbol{\alpha = F / m}. \qquad (2.1)$$

С другой стороны ускорение характеризуется изменением скорости в единицу времени. Так, для двух близких моментов времени t и (t + Δt) векторы скорости v_1 и v_2 показаны на рисунке 2.2. Изменение скорости за время Δt есть вектор $\Delta v = v_2 - v_1$.

По определению ускорение есть,

$$a_{(t)} = \lim_{\Delta t \to 0}(\Delta V / \Delta t).$$

Отсюда следует, что вектор ускорения направлен вдоль вектора ΔV и из рисунка 2.2 видно, что векторы скорости и ускорения ориентированы в совершенно разных направлениях.

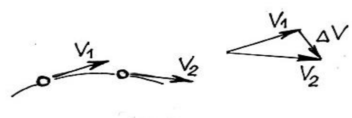

Рисунок 2.2 – Векторы скоростей точек

Направление силы направлено по направлению ускорения, а не скорости. С другой стороны, характер движения тела определяется направлением и значением скорости в данный момент (вектор скорости всегда направлен по касательной к траектории тела). Поскольку ускорение и скорость – разные векторы, то в общем случае направление силы и движение тела могут не совпадать.

Следовательно, и характер движения тела не определяется однозначно силами, действующими на рассматриваемое тело.

Когда тело соскальзывает с наклонной плоскости (Рисунок 2.1б), оно взаимодействует с землей и наклонной плоскостью. Земля обуславливает силу тяжести mg, а наклонная плоскость – силу реакции опоры R. Поскольку направление R часто неизвестно, ее представляют двумя силами: силой трения $F_{тр}$, направленной против движения и нормальной реакцией N. Между этими составляющими сил существует определенная связь в виде $F_{тр}$=f N, где f – постоянная, называемая коэффициентом трения скольжения.

В третьем случае (Рисунок 2.1в) тело вращается в вертикальной плоскости и к нему приложены две силы: сила тяжести mg и сила реакции нити T. Такие же силы приложены к телу, когда оно колеблется в вертикальной плоскости (Рисунок 2.1г).

При движении тела по окружности скорость тела направлена по касательной к окружности, а ускорение направлено по радиусу к центру.

Исходя из соотношения (2.1) необходимо уяснить, что по направлению силы ориентировано ускорение, а не скорость, что с величиной силы связана величина именно ускорения, а не скорости.

Поскольку ускорение и скорость – разные векторы, то в общем случае направление силы и движения тела могут не совпадать; следовательно, и характер движения тела в данный момент не определяется однозначно силами, действующими на рассматриваемое тело в этот момент.

Но возможно и совпадение направлений силы и скорости. Например, если поднять тело и опустить его, не придавая начальной скорости, то направление движения будет совпадать с направлением силы тяжести. Если же придать телу горизонтальную начальную скорость, то направление движения тела не будет совпадать с направлением силы тяжести: тело полетит по параболе.

В обоих случаях тело движется под действием одной и той же силы - силы тяжести, но характер движения в этих случаях различен. Характер движения обусловлен различием в начальных условиях: в момент начала движения тело в одном случае не имело скорости, а в другом – обладало определенной горизонтальной скоростью. Отсюда следует, что характер движения тела в данный момент определяется не только силами, действующими на тело в этот момент, но и начальными условиями.

Зная взаимодействие тел, можно выявить силы, приложенные к телу; зная эти силы и начальные условия, можно предсказать характер движения тела. С другой стороны, зная характер движения тела, можно устанавливать соотношение между силами, приложенными к телу.

Следует отметить, что ***сила является векторной величиной и характеризуется численной величиной или модулем силы, направлением силы и точкой приложения.***

Единицей измерения силы является ***1 Н – это сила, сообщающая массе тела в 1 кг ускорение 1 м/с² (1Н=$\left(\dfrac{кг \cdot м}{c^2}\right)$).***

Систему сходящихся сил можно заменить одной эквивалентной силой, которая называется ***равнодействующей***.

Сила, равная равнодействующей по модулю, прямо противоположная ей по направлению и действующая вдоль той же прямой, называется ***уравновешивающей*** силой.

При решении задач часто систему произвольно расположенных сил приводят в какую-то точку, называемой ***центром приведения***. Теперь величина, равная геометрической сумме всех сил системы называется не равнодействующей, а ***главным вектором системы***. А величина, равная сумме моментов всех сил системы относительно центра приведения, называется ***главным моментом системы*** относительно центра приведения.

Таким образом, всякая система сил, действующая на абсолютно твердое тело, при приведении к произвольно взятому центру приведения заменяется одной силой R, равной главному вектору системы и приложенной в центре приведения, и одной парой с моментом M_o, равным главному моменту системы относительно центра приведения О.

Здесь следует отметить, что сила R не является равнодействующей данной системы сил, так как она заменяет систему сил не одна, а вместе с парой сил (главным моментом).

Исходя из сказанного, следует – для заданной системы сил достаточно задать ее главный вектор R и главный момент M_o относительно некоторого центра О.

Если для данной системы сил R=O и M_o=0, то она находится в равновесии.

Если же R=0. а $M_o \neq 0$, то она приводится к одной паре сил с моментом $M_o = \sum m_o(F_i)$. В этом случае величина M_o не зависит от выбора центра О.

Если для данной системы сил $R \neq 0$, то она приводится к одной равнодействующей. При этом возможны два случая:

а) $R \neq 0$, M_o=0. В этом случае система равна равнодействующей, проходящей через центр О;

б) $R \neq 0$ и $M_o \neq 0$. R и M_o приложены в точке О. В этом случае можно систему заменить одной силой R, но приложенной в другой точке С, при этом

$Rh = M_o$ или $M_o = m_o(R)$ и $M_o \perp R$, сила R будет равнодействующей.

С другой стороны $M_o = \sum m_o(F_i)$, т.е. главный момент равен сумме моментов всех сил относительно центра О.

Поскольку левые части равенств выражений моментов равны, то равны и их правые части, т.е. $m_i(R) = \sum m_o(F_i)$.

Момент равнодействующей системы сил относительно любого центра, лежащего в плоскости этих сил, равен алгебраической сумме моментов сил этой системы относительно того же центра.

Это равенство выражает теорему Вариньона, которой часто пользуются при решении задач.

Таким образом, если плоская система сил не находится в равновесии, то она приводится к одной равнодействующей ($R \neq 0$) или к одной паре ($M_o \neq 0$).

В механике рассматривают тела, которые могут быть свободными и несвободными. ***Свободным*** называют тело, которое не имеет никаких препятствий для перемещения в пространстве в любом направлении. Если тело связано с другими телами, которые ограничивают его движение в одном или нескольких направлениях, то оно ***несвободное***.

Тела, которые ограничивают движение рассматриваемого тела, называют связями.

При решении задач часто рассматривают одно из тел, которое находится под действием внешних сил и сил взаимодействия с другими телами. Для нахождения искомой величины необходимо освободиться от связей, заменить их ***реакциями связей*** и затем записать условие равновесия данного тела и решать относительно искомой величины.

Реакция связи всегда противоположна тому направлению, по которому связь препятствует телу двигаться.

Определение реакций связей является одной из важных задач статики. Ниже приводятся наиболее распространенные виды связей, встречающихся в механике.

На рисунке 2.3 изображены шар и брус, размещенные на сложной опорной поверхности, которая является связью для обоих тел. Реакцией связи шара будет сила N, направленная перпендикулярно в точке касания шара к поверхности, т.е. если отбросить опору без нарушения положения шара, то силу направляют противоположно направлению, препятствующее движению шара вниз.

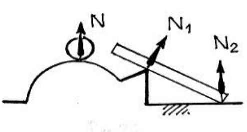

Рисунок 2.3 – Схема реакций опор на сложной поверхности

У бруса реакции связей N_1 и N_2 направлены также перпендикулярно в точках касания бруса и опорной поверхности.

Отсюда следует, что реакция связи N гладкой поверхности или опоры направлена по общей нормали к поверхностям соприкасающихся тел в точке их касания и приложена в этой точке. Когда одна из соприкасающихся поверхностей является точкой, то реакция направлена по нормали к другой поверхности.

Связь, осуществленная в виде гибкой нерастяжимой нити (рисунок 2.1в,г) не дает телу удаляться от точки подвеса нити, поэтому реакция T направлена вдоль нити к точке ее подвеса.

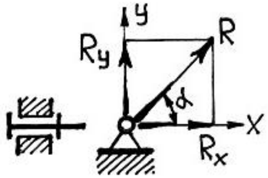

Рисунок 2.4 - Реакция в цилиндрическом шарнире

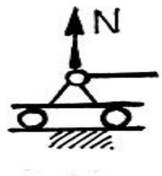

Рисунок 2.5 - Реакция в подвижных катках

В цилиндрическом шарнире (рисунок 2.4) реакция R может иметь любое направление в плоскости, перпендикулярной к оси шарнира. Реакция R наперед неизвестна ни по модулю, ни по направлению (угол α).

В этом случае реакцию R разлагают на два любых направления координатных осей, например, по R_x и R_y. Когда составляющие реакции определятся по величине и направлению (если их направления совпадают с принятым направлением, знаки сил не изменяются, то составляющие угаданы правильно, если же знаки отличаются от первоначально принятых, то направление сил изменяют на противоположное), то реакция равна гипотенузе прямоугольника, построенного на составляющих R_x и R_y.

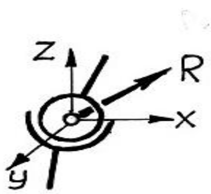

Рисунок 2.6- Реакция в шаровом шарнире

Реакция N подвижных катков (рисунок 2.5) направлена перпендикулярно к опорной поверхности, поскольку тело ограничено в движении только вниз, в продольном (горизонтальном) направлении тело может перемещаться без ограничений. Шаровой шарнир изображен на рисунке 2.6, реакция R может иметь любое направление в пространстве, для нее наперед неизвестны ни модуль, ни направление (углы, образуемые ею с осями x, y, z). Для определения реакции R, ее разлагают по трем осям x, y, z, находят составляющие, а затем и саму реакцию.

Балка, защемленная в стене (рисунок 2.7), имеет реакцию R, разложенную на составляющие R_x, R_y и момент M.

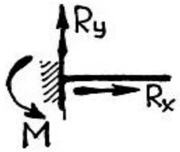

Рисунок 2.7 – Реакция в защемленной балке

Во всех связях действуют силы трения, однако во многих случаях силы трения незначительны и ими пренебрегают. Связи, в которых отсутствуют силы трения, называются идеальными. Рассмотренные выше связи в виде гладкой плоскости или поверхности, где отсутствуют силы трения, относятся к категории идеальных, реакции направлены по нормали к опорной поверхности.

На рисунке 2.1б сила трения $F_{тр}$ при движении бруска по наклонной поверхности присутствует, и реакция связи R разложена на составляющие: силу трения $F_{тр}$ и нормальное давление N.

Освобождение от связей и замена их реакциями встречается во многих задачах механики, поэтому этот раздел необходимо усвоить и осознать твердо и надолго.

2.2 Основные положения статики

Нахождение сил в теоретической механике, сопротивлении материалов, деталях машин и других дисциплинах осуществляется исходя из условия равновесия произвольной плоской системы сил[6].

2.2.1 Три формы равновесия

Для равновесия любой плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы одновременно выполнялись условия: **главный вектор системы сил и главный момент системы равнялись нулю,** т.е.

$$\mathbf{R=O}, \quad \mathbf{M_o=0}. \qquad (2.2)$$

Из равенства (2.2) можно получить ***три формы условий равновесия*** в аналитическом виде (***это необходимо помнить всегда***).

Первая форма равновесия (основная форма). Величины R и M_o определяются равенствами

$$R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}, \quad M_o = \sum m_o(F_i)$$

$$где \;\; R_x = \sum F_{xi}, \quad R_y = \sum F_{yi}$$

Но R может равняться нулю только тогда, когда одновременно $R_x = 0$ и $R_y = 0$, следовательно, условие (2.2) будет выполнено, если будет:

$$\sum F_{xi} = 0, \quad \sum F_{yi} = 0, \quad \sum m_o(F_i) = 0. \qquad (2.3)$$

Итак - ***для равновесия произвольной плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы сумма проекций всех сил на каждую из двух координатных осей и сумма их моментов относительно любого центра, лежащего в плоскости действия сил, были равны нулю***.

По механическому смыслу первые два из трех условий выражают необходимые условия того, чтобы тело не имело перемещений вдоль осей координат, а третье является условием отсутствия вращения в плоскости ХОУ.

Вторая форма условия равновесия***: для равновесия произвольной плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы сумма проекций всех сил на одну из координатных осей и сумма моментов всех сил относительно любых двух центров были равны нулю, при этом прямая, соединяющая центры, не должна быть перпендикулярна координатной оси:***

$$\sum F_{xi} = 0, \quad \sum m_A(F_i) = 0, \quad \sum m_B(F_i) = 0. \qquad (2.4)$$

Третья форма условий равновесия***: для равновесия произвольной плоской системы сил необходимо и достаточно, чтобы сумма моментов всех сил относительно любых трех центров, не лежащих на одной прямой, были равны нулю:***

$$\sum m_A(F_i) = 0, \quad \sum m_B(F_i) = 0, \quad \sum m_C(F_i) = 0. \qquad (2.5)$$

2.2.2 Решение статических и динамических задач

Решение задач статики рекомендуется проводить в следующей последовательности. Так как конструкция машины, механизма, сооружения и т.д. представляет собой совокупность связанных друг с другом тел, то необходимо выбрать тело, равновесие какого следует рассмотреть, чтобы найти искомые величины.

Необходимо привести схему или эскиз данного тела, приложить внешние силы, освободиться от связей и заменить их реакциями связей. Составляется условие равновесия, применяя ту из форм, которая приводит к более простой системе уравнений (наиболее простой будет система уравнений, в каждое из которых входит по одному неизвестному). В некоторых случаях обходятся одним, двумя уравнениями (из 9 вышеприведенных).

Можно рекомендовать выбор координатных осей так, чтобы одна из них была перпендикулярна какой-нибудь неизвестной силе, а составлять уравнение моментов относительно центра, где пересекаются больше неизвестных сил. Иногда целесообразно пользоваться теоремой Вариньона, находя момент силы, как сумму моментов ее составляющих.

Определяются искомые величины решением составленных уравнений, проверяется правильность решения путем использования уравнений других форм равновесия, анализируются полученные результаты.

Если задача включает пространственную произвольно расположенную систему сил, то и здесь, как при плоской системе сил, можно привести к какому-нибудь центру О и заменить систему сил одной силой (главным вектором системы) и одной парой (главным моментом системы) относительно этого центра.

Для равновесия этой системы необходимо и достаточно, чтобы одновременно были $R=O$, $M_o=0$, но эти величины могут равняться нулю тогда, когда будут равны нулю все их проекции на оси координат, т.е. $R_x=R_y=R_z=0$ и $M_x=M_y=M_z=0$ или когда действующие силы удовлетворяют условию

$$\begin{aligned} &\sum F_{xi}=0, \quad \sum F_{yi}=0, \quad \sum F_{zi}=0; \\ &\sum m_x(F_i)=0, \quad \sum m_y(F_i)=0, \quad \sum m_z(F_i)=0. \end{aligned} \qquad (2.6)$$

Итак, для равновесия произвольной пространственной системы сил необходимо и достаточно, чтобы сумма проекций всех сил на каждую из трех координатных осей и сумма их моментов относительно этих осей были равны нулю.

От плоско расположенных сил, здесь отличие заключено в том, что сумма моментов всех сил берется не относительно какой- то точки, а относительно трех координатных осей.

Аналогично вычисляется момент равнодействующей (теорема Вариньона): момент равнодействующей относительно любой оси равен алгебраической сумме моментов слагаемых сил относительно той же оси.

Процесс решения задач при пространственно расположенных силах тот же, что и при плоской системе сил. Выделяется тело, равновесие какого необходимо рассмотреть, прикладываются к нему внешние силы, освобождаются от связей и заменяют их реакциями связей, затем составляются условия равновесия (выражения 2.6) тела и из полученных уравнений определяются искомые величины.

Для упрощения решений рекомендуется оси координат проводить так, чтобы они пересекли больше неизвестных сил или были к ним перпендикулярны. В некоторых случаях, при вычислении момента, силу рекомендуется разложить на взаимно перпендикулярные составляющие (одна из которых параллельна какой-нибудь координатной оси), а затем применить теорему Вариньона.

При решении динамических задач так же важно уметь правильно выявить силы, приложенные к телу. Затем освобождаются от связей, заменяют их реакциями связей и составляют уравнения равновесия тела.

Необходимо обратить внимание на характер движения тела. Возможны два варианта: тело покоится или движется равномерно и прямолинейно; тело движется с ускорением.

Если силы не направлены вдоль одной прямой, то следует разложить силы на два взаимно перпендикулярных направления и рассмотреть составляющие сил отдельно для каждого из этих направлений и приравнять нулю алгебраические суммы составляющих сил для каждого из направлений разложения. Решая уравнения, находят искомые величины.

Когда тело движется ускоренно, следует разлагать силы на направление вдоль ускорения и перпендикулярно к нему. ***При этом алгебраическая сумма составляющих сил на направление, перпендикулярное к ускорению, приравнивается нулю, а алгебраическая сумма составляющих сил на направление вдоль ускорения, согласно второму закону Ньютона, равна произведению массы тела на ускорение.***

Для примера рассмотрим движение тела по наклонной плоскости вверх при действии горизонтальной силы T когда тело перемещается равномерно и с ускорением (рисунок 2.8).

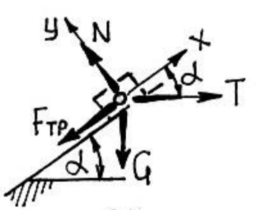

Рисунок 2.8- Схема движения тела

В первом случае необходимо найти силу T, обеспечивающее равномерное движение тела по наклонной плоскости вверх, во втором случае определить ускорение подъема.

Направим ось X по направлению движения, соответственно ось Y перпендикулярно. К телу приложены следующие силы: G-вес тела, $F_{тр}$- сила трения, направленная против движения; N-нормальное давление, T- сила, приводящая тело в движение

Сумма проекций сил на оси X иY составят

$$\sum F_{xi} = 0; \quad -F_{тр} + T\cos\alpha - G\sin\alpha = 0;$$

$$\sum F_{yi} = 0; \quad N - T\sin\alpha - G\cos\alpha = 0.$$

Из первого уравнения находится N, заменяя $F_{тр}$ =Nf, и подставляя значение N во второе уравнение, определяется сила T

$$T = G\frac{\sin\alpha + f\cos\alpha}{\cos\alpha - f\sin\alpha}.$$

При ускоренном движении тела составляющие сил по осям будут равны

$$\sum F_{xi} = 0; \quad -F_{тр} + T\cos\alpha - G\sin\alpha = ma = \frac{Ga}{g};$$

$$\sum F_{yi} = 0; \quad N - T\sin\alpha - G\cos\alpha = 0.$$

Проделав аналогичные действия с уравнениями, определяется ускорение подъема

$$a = \frac{g\left[T\cos\alpha - G\sin\alpha - f(T\sin\alpha + G\cos\alpha)\right]}{G}.$$

Здесь следует отметить, что при решении задачи с ускорением вправе разлагать силы на любые взаимно перпендикулярные направления. Но тогда придется производить разложение не только сил, но и вектора ускорения, что может затруднить и удлинить решение.

Если решается задача при пространственном расположении тела и сил, то следует говорить о разложении на три взаимно перпендикулярные направления. При этом:

$$ma_x = m\frac{d^2x}{dt^2} = \sum F_{ix}, \quad ma_y = m\frac{d^2y}{dt^2} = \sum F_{iy}, \quad ma_z = m\frac{d^2z}{dt^2} = \sum F_{iz}. \quad (2.7)$$

Выражение (2.7) есть дифференциальные уравнения криволинейного движения тела в проекциях на оси прямоугольной декартовой системы координат.

2.3 О коэффициентах трения

Следующий вопрос касается **коэффициентов трения**, здесь имеются некоторые пробелы с пониманием этих терминов.

Известно, что при движении одного тела по поверхности другого возникает сила сопротивления, называемая силой трения скольжения. Сила трения равна произведению нормального давления (реакции) на коэффициент трения,

$$\mathbf{F_{тр} = N\, f.} \qquad (2.8)$$

Коэффициент трения **f** определяется опытным путем и зависит от материала и состояния поверхности (шероховатость, наличие смазки, температура и т.п.).

Возвращаясь к реакциям напомним, что реакция связи тела будет слагаться из двух составляющих: нормальной реакции N и перпендикулярной к ней силой трения $F_{тр}$. Отсюда полная реакция R (Рисунок 2.9) будет отклонена от нормальной составляющей N на некоторый угол φ, который называется углом трения.

Из рисунка 2.9 видно, что $tg\varphi = F_{тр}/N$, если в это выражение подставить значение $F_{тр} = N\ f$, то получим связь между углом трения и коэффициентом трения в виде

$$\mathbf{tg}\ \varphi = \mathbf{f}. \tag{2.9}$$

С углом трения связано то условие, что ***если сила будет действовать на тело внутри конуса с углом φ, то тело сдвинуть будет невозможно***. Этим условием объясняется явление самоторможения или заклинивания тел.

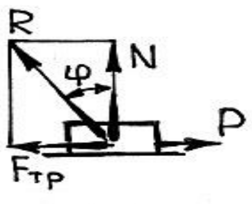

Рисунок 2.9 – Реакция связи тела

Коэффициент трения определяется опытным путем на лабораторной установке, где на плоской горизонтальной поверхности приводится в движение брусок под действием силы Р . Трущиеся поверхности выполняют из различных материалов, определяя тем самым коэффициенты трения для разнообразных образцов материалов.

Однако трущиеся поверхности тел в технике имеют различную геометрическую форму и различные давления, и оказалось, что коэффициент трения у таких тел имеет большее значение, чем у горизонтально движущегося бруска в лабораторной установке, естественно, материалы тел были одинаковы.

Следует отметить, что закономерности трения определялись учеными при сухом трении, в том числе и коэффициенты трения.

Поскольку в механизмах имеют место другие виды трения и разные геометрические формы трущихся тел и давления, для упрощения учета сил трения в таких случаях, закономерности, установленные для сухого трения, распространяют и на другие виды трения, но учитывают это другим коэффициентом, обозначенным термином «***приведенный коэффициент трения»*** [7].

Приведенный коэффициент трения зависит как от действительного коэффициента трения материалов тел, так и от величин реакций связей и других факторов.

Следует отметить то, что в курсе теоретической механики вообще не упоминается о приведенных коэффициентах трения, что на наш взгляд неоправданно и нарушает единство технических терминов и понятий в общетехнических дисциплинах.

В качестве примеров приведем значения «приведенных коэффициентов трения» для некоторых широко известных пар трения в технике.

2.3.1 Приведенный коэффициент трения в клинчатом желобе

Под действием силы P (рисунок 2.10) клин с углом заострения 2α равномерно перемещается по желобу, на клин действует сила Q, коэффициент трения материалов тел f , определить приведенный коэффициент трения пары.

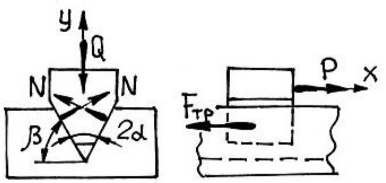

Рисунок 2.10 – Схема движения клина

Желоб является связью клина, освобождаемся от связи и заменяем ее двумя составляющими N и $F_{тр}$, соответственно действующими по каждой плоскости трения.

Клин под действием сил P, Q, 2N и $2F_{тр}$ находится в равновесии, записываем условие равновесия через сумму проекций всех сил на оси координат:

$$\sum F_{ix} = P - 2F_{тр} = 0,$$
$$\sum F_{iy} = 2N\sin\alpha - Q = 0.$$

Из второго уравнения определяется N = Q / 2sinα, из первого уравнения определяется $P = 2F_{тр} = 2Nf\dfrac{Q}{2\sin\alpha} = Q\dfrac{f}{\sin\alpha}$

Итак, сила P = Qf ′.

Для данного вида трения приведенный коэффициент трения равен $f' = \dfrac{f}{\sin\alpha}$ (если задан угол клина 2α), если задан угол наклона β желоба к горизонтали, то приведенный коэффициент трения равен $f' = \dfrac{f}{\cos\beta}$.

Таким образом, приведенный коэффициент трения в клинчатом желобе равен

$$f' = \frac{f}{\sin\alpha} = \frac{f}{\cos\beta}. \qquad (2.10)$$

При клинчатом ползуне приведенный коэффициент трения f′ всегда больше действительного коэффициента f трения. Клинчатая конструкция применяется в тех случаях, когда нужно увеличить силу трения, например, в ременных передачах, направляющих в токарных станках и т.п.

2.3.2 Приведенный коэффициент трения в резьбе

В прямоугольной резьбе винтовая пара гайка-болт представляют собой аналог наклонной плоскости, по которой перемещается тело, следовательно, здесь имеет место действительный коэффициент трения f.

Прямоугольная резьба будет самотормозящей при угле подъема винтовой линии резьбы, меньшем угла трения φ, т.е. $\alpha < \varphi$.

Перемещение гайки по треугольной резьбе будет аналогично перемещению тела по клинчатому желобу, следовательно, приведенный коэффициент трения треугольной резьбы, выраженный через угол профиля резьбы, равен

$$f' = \frac{f}{\cos\beta}, \qquad (2.11)$$

где β=0,5 угла профиля резьбы (для метрической резьбы $\beta=60:2=30^0$, для дюймовой резьбы $\beta=55:2=27{,}5^0$).

Таким образом, трение в треугольной резьбе при прочих равных условиях получается больше, чем в прямоугольной резьбе. Поэтому прямоугольная резьба называется ходовой, используется в домкратах, ходовых винтах токарных станков и т.п. Треугольная резьба называется крепежной, используется в болтах, шпильках. ***Крепежные болты и винты всегда выполняют с углом наклона винтовой линии меньше приведенного угла трения для самоторможения гайки.*** Гайка под действием силы сжатия отворачиваться не будет, однако при наличии вибрации самоторможение не может достаточно надежно предохранить гайку от отвертывания, поэтому делают дополнительное стопорение.

2.3.3 Приведенный коэффициент трения во вращательной паре

Считается, что во вращательной паре нагруженной является только нижняя сторона вала. То же самое относится и к цилиндрическому желобу. Без доказательств (желающие могут ознакомиться в [7]) приводим значение приведенного коэффициента трения для:

новых (неприработанных) пар f ′ = 1,57 f;

приработанных пар f ′ = 1,27 f.

Отметим, что действительный и приведенный коэффициенты трения – безразмерные величины.

Еще необходимо напомнить (естественно, знать), что ***реакция связи R во вращательной паре направлена против вращения и касается круга трения с радиусом, равным***

$$\boldsymbol{p = 0{,}5\, d_ц f'}, \qquad (2.12)$$

где $d_ц$ – диаметр цапфы, мм.

При отсутствии трения R всегда проходит через центр вращательной пары.

При жидкостном трении в цапфе профессором Петровым Н.П. получено выражение для определения приведенного коэффициента трения [8] в виде :

$$f' = \frac{\pi \xi r \omega}{h_{cp} q_{cp}}, \qquad (2.13)$$

где ξ- абсолютная вязкость смазочного материала, $\frac{H \cdot c}{м^2}$;

r - радиус цапфы, м;

ω – угловая частота вращения вала, 1/с;

$h_{ср}$ –средняя толщина масляного слоя, м;

$q_{ср}$ – среднее давление в цапфе, Н/м^2.

Данное выражение современными исследованиями незначительно уточнено, что однако не умаляет точность приведенного коэффициента трения по определению Петрова Н.П.

2.3.4 Приведенные коэффициенты трения в подшипниках качения

При перекатывании цилиндрического тела по горизонтальной плоскости в месте контакта возникает деформация тел. При неподвижном цилиндре нормальная реакция N к плоскости проходит через центр цилиндра. При перекатывании цилиндра нормальная реакция N переместится несколько вперед в точку B на величину μ (рисунок 2.11), которая называется коэффициентом трения качения. ***Величина μ в отличие от коэффициентов трения скольжения f имеет размерную величину длины и измеряется в мм (см).*** Коэффициент μ принимает значения 0,005…20 мм, наименьшие значения принимаются для шарикоподшипников, наибольшие значения – при качении резиновых шин по грунту.

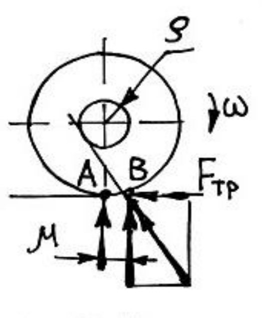

Рисунок 2.11 - Схема качения тела

Так как роликовый подшипник представляет собой ряд цилиндрических тел – роликов, перекатывающихся по кольцевой поверхности как внутреннего, так и внешнего колец, то это характеризуется коэффициентом трения качения. Однако, кроме качения роликов по кольцам, в подшипниках присутствует скольжение роликов по поверхности сепараторов, оказывается влияние смазочного материала и все это оценивается также приведенным коэффициентом трения роликовых подшипников [7], который равен

$$f' = 1{,}27\mu\left(\frac{2}{d_p} + \frac{2}{d_B}\right), \qquad (2.14)$$

где μ-коэффициент трения качения, мм;

$d_р$- диаметр ролика, мм;

$d_в$ – диаметр вала, мм.

По аналогии приведенный коэффициент трения шарикоподшипника определится выражением

$$f' = 1{,}27\mu\left(\frac{2}{d_ш} + \frac{2}{d_в}\right), \qquad (2.15)$$

где $d_ш$ – диаметр шарика, мм.

Можно определять приведенный коэффициент трения шарикоподшипника по выражению

$$f' = 2{,}4\mu\left(\frac{D_{cp}}{d_ш d_B}\right), \qquad (2.16)$$

где $d_ш$, $d_в$ –соответственно диаметры шарика и вала, мм;

$D_{ср}$ –средний диаметр подшипника, мм ($D_{ср}$ = 0,5 (D+d), здесь D – диаметр наружного кольца подшипника, d – диаметр отверстия внутреннего кольца).

В программу деталей машин входит лабораторная работа по определению приведенного коэффициента трения шарикоподшипников теоретическим и экспериментальным путями (об этом будет подробно изложено в разделе лабораторных работ).

В механизмах передвижения кранов и тележек колесо одновременно катится по рельсу и вращается в цапфе, и приведенный коэффициент трения f_k' для этого вида будет определяться,

$$f_k' = \frac{2(0{,}5d_ц f' + \mu)}{D_k}, \qquad (2.17)$$

где $d_ц$ – диаметр цапфы колеса, мм;

f' -приведенный коэффициент трения скольжения в цапфе;

μ – коэффициент трения качения, мм;

$D_к$ – диаметр колеса, мм.

Отметим, что реакция связи R колеса будет касаться круга трения радиуса $\rho = \frac{d_ц}{2} f'$ и проходить через точку В, отстоящую от вертикали к центру колеса на расстоянии, равном коэффициенту трения качения μ (рисунок 2.11).

2.4 Передаточное отношение и передаточное число

Студенты затрудняются ответить на вопрос, что означает передаточное число и передаточное отношение? Хотя эти термины весьма часто используются во многих дисциплинах: деталях машин, теории механизмов и машин, тракторы и автомобили, сельскохозяйственные машины и др.

Передаточное отношение есть отношение угловой скорости ведущего вала к угловой скорости ведомого вала или частоты вращения ведущего вала к частоте вращения ведомого вала, т.е.

$$u = \omega_1 / \omega_2 = n_1 / n_2. \qquad (2.18)$$

Если ведущее и ведомые звенья, в частности зубчатые колеса, вращаются в одну сторону (передача с внутренним зацеплением и передача Шитикова), то передаточное отношение считается положительным. Если же колеса вращаются в разные стороны (внешнее зацепление), то передаточное отношение считается отрицательным.

Передаточным числом называется отношение числа зубьев z_2 ведомого колеса к числу зубьев z_1 ведущего колеса или диаметра D_2 ведомого звена (шкива, колеса) к диаметру D_1 ведущего звена, т.е.

$$u = z_2 / z_1 = D_2 / D_1. \qquad (2.19)$$

Передаточное число всегда положительное в отличие от передаточного отношения.

Передаточное отношение ряда последовательно соединенных зубчатых передач равно произведению передаточных отношений всех ступеней передач, т.е.

$$u_{1,\, i+1} = u_{12} \cdot u_{23} \cdot u_{34} \cdot \ldots u_{i\,(i+1)}. \qquad (2.20)$$

Это положение относится и к другим передаточным механизмам, например, последовательно соединенным полиспастам (будет изложено в соответствующем разделе).

С зубчатыми механизмами студенты имеют «общение» весьма длительное время и в большом объеме (изучают зубчатые передачи в теории механизмов и машин, деталях машин, причем выполняют курсовой проект по проектированию редукторов). Однако в беседах многие студенты не могут ответить на простой вопрос, для чего служит редуктор или коробка передач в автомобиле, на каком «золотом правиле механики» основано действие редуктора? Хотя ответ весьма прост: ***редуктор служит для изменения крутящего момента за счет изменения частоты вращения ведущего и ведомого валов***.

А «золотое правило механики» *тоже очень простое и запоминающееся**:* ***выигрываем в силе (моменте) – проигрываем в расстоянии (частоте вращения) или наоборот.***

2.5 О коэффициенте полезного действия (КПД)

Коэффициент полезного действия (КПД) механизмов, устройств – есть отношение полезной работы (мощности) к затраченной работе (мощности), т.е.

$$\eta = A_п/A_з = N_п/N_з \qquad (2.21)$$

Так как затраченная работа (мощность) включает работу полезную и работу сил трения, т.е. $A_з= A_п + A_{тр}$ или $N_з = N_п + N_{тр}$, то выражение (2.21) запишется,

$$\eta= A_п/A_з=(A_з-A_{тр})/A_з=1-A_{тр}/A_з \text{ или } \eta=N_п /N_з =(N_з –N_{тр})/N_з=1-N_{тр} /N_з.$$

Здесь $A_{тр}/A_з=N_{тр}/ N_з= \varphi$ и ***φ называется коэффициентом потерь***.

Отсюда КПД можно выразить другой формулой

$$\boldsymbol{\eta = 1-\varphi}. \qquad (2.22)$$

КПД есть разность единицы и потерь в механизме.

При опросе о КПД студенты отвечают практически все о его определении, называют выражение (2.21), но никто не называет значение КПД по выражению (2.22) и многие не могут конкретно разъяснить суть КПД. Кроме этого, не могут применить формулу для определения КПД экспериментальным путем простых механизмов, например, зубчатой передачи из двух колес, полиспаста, редуктора и других экспонатов, находящихся в аудитории. Конкретно не могут определить полезную работу (мощность) и затраченную работу (мощность) указанных экспонатов. Знают, но не умеют применить знания на моделях, установках.

Если спросить об определении КПД сложного механизма, например, ручной тали (состоит из редуктора червячного и полиспаста), то примерно 5-10% студентов отвечают правильно, но если спросить об определении КПД одного из механизмов тали (полиспаста или редуктора, входящих в таль), то ни один студент правильно на этот вопрос не отвечает.

Отсюда нетрудно сделать вывод: студенты весьма плохо владеют знаниями и не могут эти знания использовать в практических целях. По этой причине нами при проведении лабораторных и практических занятий по деталям машин и подъемно- транспортирующим машинам делается упор на использовании (применении) теоретических знаний в практической сфере, поскольку ***знание без умения мало чего стоит***.

Для лучшего усвоения материала при защите лабораторных работ проводятся дискуссии с участием всех студентов, выявляются различные варианты использования знаний темы в практике.

2.6 О силах инерции

С понятием инерции студентам приходиться сталкиваться очень часто, причем в разных дисциплинах. Поскольку и в этой тематике имеются неясности, кратко изложим суть вопроса[8].

Силой инерции называется геометрическая сумма сил противодействия движущейся материальной частицы телам, сообщающим им ускорение.

Реальные силы инерции приложены к телам, вызывающим ускорение, а не к телам, движущимся с ускорением. Если на тело, лежащее на столе, приложить усилие рукой и сообщить ему ускорение, то сила инерции, равная произведению массы тела на его ускорение, будет приложена к руке, а не к телу.

Действие инерционных сил вводило ученых механиков в некоторое смущение (заблуждение), ибо как было уже упомянуто выше, силы инерции непосредственно к телу не приложены, но в то же время есть результат их действия. Эти силы стали называть «фиктивными», в отличие от «действующих» сил.

Для упрощения решения уравнений динамики, член Парижской академии наук Даламбер, предложил к действующим внешним и внутренним силам прибавить силу инерции и решать задачи динамики простыми методами статики, изложенными нами в п. 2.2.

Впоследствии эти предложения и методы решения задач динамики стали называть принципом Даламбера, излагаемым в следующем виде: ***если в любой момент времени к каждой из точек системы, кроме фактически действующих на нее внешних и внутренних сил, приложить соответствующие силы инерции, то полученная система сил будет находиться в равновесии и к ней можно будет применить все уравнения статики***.

Значение принципа Даламбера состоит в том, что решение задач динамики уравнения движения системы составляются в форме хорошо известных уравнений равновесия статики; это делает единообразным подход к решению задач и намного упрощает динамические расчеты.

Необходимо еще запомнить следующее.

Инертность – есть свойство материальных тел быстрее или медленнее изменять скорость своего движения под действием приложенных сил.

Количественной мерой инертности тела в поступательном движении является физическая величина, называемая массой тела.

Единицей измерения массы, как известно, является 1 кг.

Сила инерции будет определяться как произведение массы тела на ускорение, направлена сила инерции против направления ускорения, т.е P=-ma.

Мерой инертности тела при вращательном движении тела является осевой момент инерции массы тела.

Момент инерции тела (системы) относительно данной оси Ох (или осевой момент инерции) называется скалярная величина, равная сумме произведений масс всех точек тела (системы) на квадрат их расстояний от этой оси, т.е.

$$\Im_x = \sum m_i h_i^2 , \qquad (2.23)$$

где h_i – расстояние точек до оси вращения.

Единицей измерения момента инерции будет, согласно формуле (2.23) 1 кгм^2.

Обычно при вычислении момента инерции тело приходиться разбивать на бесконечно большое число элементарных частиц и заменять суммирование интегрированием

$$\Im_{\tilde{o}} = \int_{\grave{I}} r_i^2 dm . \qquad (2.23а)$$

Приводим моменты инерции некоторых однородных тел:

-тонкий однородный стержень длиной ℓ и массой m : $\Im_x = \dfrac{m\mathrm{l}^2}{3}$;

- круглое однородное кольцо радиусом R и массой m относительно оси, перпендикулярной плоскости кольца и проходящей через его центр- $\Im_x = mR^2$;

-цилиндр массой m и радиусом R, относительно его продольной оси-

$\Im_x = \dfrac{mR^2}{2}$;

- сплошная прямоугольная пластина массой m со сторонами а и в (ось X направлена вдоль стороны а, а У – вдоль стороны в): $\Im_x = \dfrac{mb^2}{3}$, $\Im_y = \dfrac{ma^2}{3}$;

- прямой сплошной круглый конус массой m с радиусом основания R, ось z направлена вдоль оси конуса - $\Im_z = 0,3mR^2$;

- сплошной шар массой m и радиуса R (ось z направлена вдоль диаметра) - $\Im_z = 0,4mR^2$.

Забегая вперед, следует отметить внешнюю аналогию еще одного момента, используемого в сопротивлении материалов, деталях машин и других дисциплинах при расчете деформаций и напряжений в конструкциях деталей различных устройств. Этот момент **называется моментом инерции сечения тела (осевой, полярный, центробежный) и соответственно равен интегральной сумме произведений элементарных площадей** (в моменте инерции массы тела фигурирует масса тела) **на квадрат расстояний до оси**:

$$\Im_x = \int_F y^2 dF, \quad \Im_y = \int_F x^2 dF; \quad \Im_p = \int \rho^2 dF; \quad \Im_{xy} = \int_{xy} xydF .$$

Об этих моментах будет сказано несколько позже, при расчете деталей на прочность.

Итак, при поступательном движении с переменной скоростью возникает сила инерции $P = -ma$, а при вращательном движении – вращающий момент, равный произведению момента инерции массы тела относительно оси вращения на угловое ускорение, т.е. $M_x = -\Im_x \varepsilon$.

Таким образом, при поступательном движении сила инерции, а при вращательном движении- вращающий момент инерции, в первом движении мерой инертности тела является масса тела, а во втором- момент инерции массы тела, в первом случае ускорение линейное, а во втором – угловое ускорение.

Как видно из приведенного, между поступательным и вращательным движениями наблюдается аналогия, которую можно продолжить и для кинематических параметров.

В поступательном движении:	Во вращательном движении:
Путь $S = vt$.	***Угол поворота*** $\varphi = \omega t$.
Скорость $v = v_0 + at$.	***Угловая скорость*** $\omega = \omega_0 + \varepsilon t$.
Путь $S = S_0 + v_0 t + 0{,}5at^2$.	***Угол поворота*** $\varphi = \varphi_0 + \omega_0 t + 0{,}5\varepsilon t^2$.

То же самое можно сказать и о мощности- при поступательном движении она равна $N = Pv$ (Р- сила, v- скорость линейная), при вращательном движении $N = M\omega$ (М-момент силы, ω- угловая скорость).

Для уяснения вышеизложенного материала необходимо помнить об аналогии, она наблюдается во многих разделах науки и техники. Наглядный пример с движением поступательным и вращательным. В поступательном движении тело (точка) проходит путь, во вращательном движении (точка) тело поворачивается на некоторый угол, т.е. там- путь (расстояние), тут- угол поворота.

За определенное время точка проходит расстояние, равное произведению линейной скорости на затраченное время, при вращательном движении угол поворота равен произведению угловой скорости на затраченное время.

Линейная скорость при поступательном движении равна произведению ускорения на время, при вращательном движении угловая скорость равна произведению углового ускорения на время, далее смотри другие аналогичные формулы.

Таким образом, достаточно запомнить кинематические зависимости в поступательном движении, можно по аналогии легко определить (установить) зависимости во вращательном движении.

Необходимо запомнить связь между линейной V и угловой ω скоростями, выраженную как **V = ω R** (R –радиус вращения точки (тела)).

И еще надо запомнить переводную формулу, часто используемую в практике

$$\omega = \frac{\pi n}{30},$$

где n –частота вращения, $мин^{-1}$.

2.7 О прочности, напряжениях, сечениях

При собеседовании студенты затрудняются ответить на довольно простой вопрос, каким образом можно судить о прочности детали, сооружения и других изделий; как ведет себя, например, образец из стали, чугуна при действии растягивающей нагрузки (на разрывной машине) и ряд других подобных вопросов.

Здесь следует зафиксировать внимание читателей и запомнить, что ***вопросы прочности, жесткости, выносливости, подбора различных типовых изделий решается методом сравнения действующих напряжений (усилий и т.п.) с допускаемыми значениями***[9]**.**

Если студент ответить на поставленный вопрос, что тот или иной параметр определяется сравнением действующих значений с допускаемыми, то это уже половина правильного ответа.

В общем виде, например, условие прочности заключается в том, что максимально действующее напряжения в изделии должно быть меньше или равно допускаемому напряжению материала, из которого изготовлено изделие, т.е.

$$\boldsymbol{\sigma_{max} \le [\sigma]} \quad \text{и} \quad \boldsymbol{\tau_{max} \le [\tau]}, \qquad (2.24)$$

где σ_{max}, τ_{max}- максимальное нормальное и касательное напряжения, МПа;

[σ] и [τ] – допускаемые нормальные и касательные напряжения материала изделия, МПа.

Нормальные напряжения возникают при линейной или продольной деформации. Мерой линейной деформации является относительное удлинение, равное отношению абсолютного удлинения к первоначальной длине изделия.

Абсолютным удлинением называется приращение (положительное или отрицательное) длины ребра элемента после деформации.

Касательные напряжения возникают при деформации сдвига (угловые деформации). Мерой угловой деформации является угол сдвига.

Как видно из приведенного, между нормальными и касательными напряжениями и их мерами наблюдается такая же аналогия, как и между поступательным и вращательным движениями, т.е. зная одно, по аналогии легко узнать (догадаться) о другом.

Условие жесткости тела также определяется сравнением действующей величины относительного удлинения ε_{max} и угла сдвига γ_{max} с допускаемыми величинами относительного удлинения $[\varepsilon]$ и угла сдвига $[\gamma]$, т.е.

$$\boldsymbol{\varepsilon_{max} \leq [\varepsilon]} \quad \text{и} \quad \boldsymbol{\gamma_{max} \leq [\gamma]} \,. \qquad (2.25)$$

Следует еще раз отметить, что прием сравнения действующих значений с допускаемыми значениями каких-то величин используется в технике (технических дисциплинах) очень широко.

В качестве подтверждения этого приведем еще несколько примеров, которые легко запоминаются: подбор приводных цепей производится по удельному давлению в шарнирах, которые должны быть меньше или равны допускаемым давлениям; контактные напряжения в зубчатом зацеплении закрытого типа и катками фрикционных передач должны быть меньше или равны допускаемым напряжениям; максимальное усилие в канате грузоподъемных машин с учетом коэффициента запаса должно быть меньше или равно допускаемому (разрывному) усилию; в подшипниках скольжения действующее удельное давление должно быть меньше допускаемого, в этом же подшипнике произведения давления на скорость должно быть меньше допускаемого значения произведения давления на скорость, здесь же выделенная теплота должна быть меньше или равна отведенной и т.д.

Здесь опущены вопросы с определением действующих и допускаемых значений, так как пришлось бы заново излагать те или иные дисциплины. Мы обратили внимание лишь на общие и ключевые подходы, дающие начальный толчок к более углубленному и расширенному понятию и толкованию затронутых положений.

Следующий вопрос, вызывающий затруднение у студентов, касается ***геометрических характеристик поперечных сечений стержней.***

Эти понятия рассмотрены в курсе сопротивления материалов [9], но ими часто пользуются в курсе детали машин.

Вот, например, студентам ставится простой вопрос: что является геометрической характеристикой сечения простой измерительной линейки при растяжении, изгибе и кручении, или

почему рамы сельскохозяйственных машин изготавливаются из профильных сталей: труб, швеллеров, двутавров, уголков *и* т. п. Ответа на такие вопросы трудно услышать от студентов.

При изучении деформаций выяснилось, что при одинаковой величине площади сечения и одном и том же материале стержней, их сопротивление растяжению (сжатию) и срезу ***не зависит от формы и расположения сечения относительно оси и оказывается одинаковым для любых форм сечения*** (труба, квадрат, швеллер, двутавр, прямоугольник, уголок и т.п.).

В данном случае геометрической характеристикой поперечного сечения стержня является площадь его сечения и напряжения определяются

$$\sigma = \frac{P}{F} \leq [\sigma], \tag{2.26}$$

где P –сила, действующая на стержень, Н;

F – площадь сечения стержня, м^2.

Если стержни с теми же одинаковыми поперечными сечениями, что и при растяжении или срезе подвергнуть изгибу или кручению, то напряжения ***у каждого из стержней будут совершенно различны***, причем отличие достигает значительных величин.

Как же теперь оценивать и определять напряжения в стержнях, через какие параметры, поскольку площадь сечения уже не является геометрической характеристикой поперечного сечения ?

Исследованиями установлено, что ***геометрической характеристикой сечения, учитывающей его площадь, форму и расположение относительно оси изгиба, кручения является момент инерции сечения***, величина которого определяется

$$\Im_x = \int_F y^2 dF \cdot$$

Это выражение аналогично выражению момента инерции массы тела, известного из механики (см. 2.6).

В зависимости от того, относительно каких осей вычисляются моменты инерции, различают: осевой, полярный, центробежный моменты инерции сечения.

Момент инерции сечения относительно оси, перпендикулярной к его плоскости или, то же самое, относительно точки, лежащей в плоскости сечения (полюса), называется полярным моментом инерции и определяется уравнением

$$\Im_p = \int_F \rho^2 dF \, . \tag{2.27}$$

Практически полярный момент инерции сечения относительно оси стержня является геометрической характеристикой круглых сечений (сплошного и кольцевого) при кручении.

Полярный момент инерции круга равен

$$\Im_p = \frac{\pi d^4}{32} \cong 0{,}1 d^4 \cdot \qquad (2.28)$$

Полярный момент инерции кольцевого сечения

$$\Im_p = \frac{\pi d^4}{32}\left[1-(\frac{d_2}{d_1})^4\right], \qquad (2.28a)$$

где d_2 и d_1 – диаметры большого и меньшего колец.

Момент инерции сечения относительно любой оси, лежащей в плоскости сечения, называется осевым моментом инерции сечения и определяется уравнениями

$$\Im_x = \int_F y^2 dF, \quad \Im_y = \int_F x^2 dF \cdot \qquad (2.29)$$

Осевой момент инерции сечения прямоугольника с размерами сторон b и h будут равны

$$\Im_x = \frac{bh^3}{12} \quad \grave{e} \quad \Im_y = \frac{hb^3}{12} \cdot \qquad (2.30)$$

То же самое треугольника

$$\Im_x = \frac{bh^3}{36}. \qquad (2.31)$$

Осевой момент инерции сечения круга

$$\Im_x = \Im_y = \frac{\pi d^4}{64} \cong 0{,}05 d^4 \cdot \qquad (2.32)$$

Момент инерции сечения относительно двух взаимно перпендикулярных осей называется центробежным моментом инерции сечения и определяется

$$\Im_{xy} = \int_F xydF\ . \qquad (2.33)$$

Центробежный момент инерции сечения характеризует расположение сечения относительно двух взаимно перпендикулярных осей.

Две взаимно перпендикулярные оси, относительно которых центробежный момент инерции сечения равен нулю, называются главными осями инерции.

Ось симметрии и любая ось, перпендикулярная к ней, есть главные оси инерции. Если обе эти оси проходят через центр тяжести сечения, то они являются главными центральными осями.

Если сечение имеет две оси симметрии, то они являются центральными главными осями.

Если сечение имеет более двух осей симметрии, как, например, круг, квадрат, правильный многоугольник и т.п., то любые две взаимно перпендикулярные оси, проходящие через центр тяжести сечения, являются центральными главными осями.

При кручении касательные напряжения будут максимальными на поверхности стержня и определяются выражением

$$\tau_{\max} = \frac{M_k r}{\Im_p} \qquad (2.34)$$

где $M_к$ – крутящий момент, Нм;

r – радиус стержня, м;

$\Im_p$ - полярный момент инерции сечения, м^4.

Если числитель и знаменатель выражения (2.34) разделить на r, то получим

$$\tau_{\max} = \frac{M_k}{\left(\frac{\Im_p}{r}\right)} .$$

Величина $\frac{\Im_p}{r} = W_p$ ***называется полярным моментом сопротивления сечения.***

Тогда условие прочности при кручении выражается

$$\tau_{\max} = \frac{M_k}{W_p} \le [\tau]. \qquad (2.35)$$

Полярный момент сопротивления сечения круга равен

$$W_p = \frac{\pi d^4 2}{32d} = \frac{\pi d^3}{16} \cong 0,2d^3 \cdot \qquad (2.36)$$

Полярный момент сопротивления кольцевого сечения

$$W_p = \frac{\pi d_1^3}{16}\left[1-\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4\right] \cong 0,2d_1^3\left[1-\left(\frac{d_2}{d_1}\right)^4\right]. \qquad (2.36а)$$

Аналогично, при изгибе напряжения от моментов M_y и M_x будут определяться

$$\sigma_{\text{Ì ó}} = \frac{M_y x}{\Im_y} \le [\sigma] \quad \text{è} \quad \sigma_{\text{Ì õ}} = \frac{M_x y}{\Im_x} \le [\sigma].$$

И здесь, если разделить числитель и знаменатель соответственно на координаты x и y, получим

$$\sigma_{\text{Ì ó}} = \frac{M_y}{\frac{\Im_y}{x}} = \frac{M_y}{W_y} \le [\sigma] \quad \text{è} \quad \sigma_{\text{Ì õ}} = \frac{M_x}{\frac{\Im_x}{y}} = \frac{M_x}{W_x} \le [\sigma]. \qquad (2.37)$$

В выражении (2.37) W_x и W_y являются осевыми моментами сопротивления сечения относительно осей x и y.

Осевые моменты инерции сопротивления сечения прямоугольника со сторонами h и b равны $W_x = \frac{bh^2}{6}$, $W_y = \frac{hb^2}{6}$. Момент инерции сопротивления сечения круга равен

$$W_x = W_y = \frac{\pi d^4 2}{64d} = \frac{\pi d^3}{32} \cong 0{,}1d^3.$$

2.7.1 Виды напряженных состояний

Нами были рассмотрены частные случаи напряженного состояния-простое напряженное состояние (растяжение, сжатие, сдвиг, чистый изгиб). Однако, в деталях автомобилей, тракторов и сельскохозяйственных машин в большей части имеет место сложное напряженное состояние.

Чтобы характеризовать напряженное состояние, например, в данной точке***, надо определить шесть компонентов напряжения***.

При произвольном положении координатных плоскостей в каждой из них в общем случае есть и нормальные и касательные напряжения, и выражения для напряжений в площадке, произвольно ориентированной по отношению к таким координатным плоскостям, получаются очень громоздкими.

Можно упростить задачу, если выбрать положение координатных плоскостей так, чтобы касательные напряжения в них были равны нулю.

В теории упругости доказано, что в каждой точке можно, как правило, провести ***три взаимно перпендикулярные площадки, называемые главными.***

Нормальные напряжения, действующие в главных площадках, называются ***главными напряжениями и их направления – главными направлениями***.

Совокупность трех главных напряжений является обобщенной характеристикой напряженного состояния в данной точке исследуемого тела (детали).

Зная положение главных площадок и величины главных напряжений, можно определить нормальные и касательные напряжения в любой площадке, проходящей через эту точку.

Различают следующие виды напряженного состояния:

а) по числу имеющихся в данной точке главных напряжений – трехосное (или объемное), двухосное (или плоское) и одноосное (или линейное);

б) по знаку главных напряжений –напряженное состояние растяжения, напряженное состояние сжатия и смешанное.

Трехосное растяжение имеет место в шейке образца из пластичного материала, в зоне концентрации напряжений в цилиндре переменного сечения. ***Трехосное сжатие*** – в месте контакта шарика и обоймы шарикоподшипника, зубьев шестерен, колеса и рельса, при ковке в закрытых штампах.

Двухосное растяжение имеет место на поверхности тонкостенной оболочки, находящейся под действием внутреннего давления. ***Двухосное сжатие*** – при ковке в штампах, закрытых с двух сторон, в тонкостенной трубе, нагруженной наружным давлением.

Наиболее распространено ***одноосное растяжение*** – растяжение при чистом изгибе, растяжение в тягах, канатах, элементах ферм и т.д. ***Одноосное сжатие*** – в коротком стержне, сжатие при чистом изгибе.

Однако в технике наиболее распространены ***смешанные напряженные состояния*** (изгиб с растяжением, изгиб с кручением и т.д.).

Из статики известно, что все внешние силы, действующие на рассматриваемую часть стержня, следовательно, и уравновешивающие их внутренние силы, действующие в рассматриваемом сечении стержня, могут быть приведены к трем проекциям на три взаимно перпендикулярные оси и трем моментам относительно этих же осей.

Суть заключается в том, что здесь разложили сложную деформацию на простые: растяжение (сжатие), вызываемое продольной силой; два среза, вызываемые поперечными силами; кручение, вызываемое крутящим моментом; два изгиба, вызываемые изгибающими моментами.

Оказалось, что изучать сложные деформации удобнее при помощи широко известного нам ***закона независимости действия сил***.

Этот закон является одним из законов динамики: ***если на материальную точку действуют одновременно несколько сил, то***

ускорение этой точки равно геометрической сумме тех ускорений, которые получает эта точка при действии каждой из этих сил в отдельности.

Этот закон широко используется и в статике, например, закон сложения сил: ***равнодействующая нескольких сил, приложенных к материальной точке, равна их геометрической сумме***.

Законом независимости действия сил весьма часто пользуются при решении различных задач в технике.

Исходя из изложенного, рассмотрение сложных деформаций можно привести к рассмотрению простых деформаций при помощи закона независимости действия сил.

Кроме этого, в ряде случаев расчета деталей машин, испытывающих сложные деформации, можно пренебречь второстепенными деформациями и привести, таким образом, сложную деформацию к более простой. (*Это прием широко используется и при научных исследованиях, учитывают из множества факторов только те, которые оказывают наибольшее влияние на тот или иной процесс*.) Например, валы, испытывающие сравнительно небольшие изгибающие моменты, рассчитывают только на кручение, а при изучении изгиба иногда пренебрегают действием поперечной силы.

Сложная деформация, представляющая собой совокупность всех шести перечисленных выше составляющих (растяжение или сжатие, два среза, кручение, два изгиба), практически встречается редко.

Наибольший практический интерес представляют следующие виды сложных деформаций: сложный и косой изгиб, изгиб с растяжением (сжатием); изгиб с кручением; некоторые отдельные задачи (толстостенные цилиндры, тонкостенные сосуды, тонкостенные стержни, кривые стержни).

Сложный и косой изгиб имеет место, если действующие на точку силы не лежат ни в одной из главных плоскостей (косой изгиб) или когда действующие силы лежат в двух и более плоскостях (сложный изгиб).

Как в первом, так и во втором случаях, удобным решением является приведение сложного изгиба к двум, уже известным нам, плоским.

Для решения необходимо:

- спроектировать все действующие силы на две главные плоскости;

- рассмотреть изгиб в каждой из двух главных плоскостей отдельно, т.е. построить эпюры изгибающих моментов и поперечных сил, установить опасное сечение и опасные в нем точки, определить в общем виде наибольшие напряжения и перемещения;

- пользуясь законом независимости действия сил, найти наибольшие суммарные напряжения и перемещения и проверить прочность и жесткость балки или, составив условия прочности и жесткости, подобрать сечение балки (стержня).

Во многих случаях определить напряжения и условие прочности можно по известному условию σ ≤ [σ] или для изгиба в двух плоскостях условие запишется

$$\frac{M_x}{W_x}+\frac{M_y}{W_y}\leq[\sigma], \qquad (2.38)$$

где M_x, M_y- изгибающие моменты относительно осей X и У соответственно;

W_x, W_y – осевые моменты сопротивления сечений относительно осей X и У.

Определение перемещений и условие жесткости определяется по тому же способу, что и при определении напряжений, а именно: определяются величины прогиба в каждой из двух главных плоскостях отдельно, а затем на основании закона независимости действия сил геометрически складываются прогибы: f_x (по направлению оси X) и прогиб f_y (по направлению оси У), т.е.

$$f=\sqrt{f_x^2+f_y^2}\,.$$

Условие жесткости для случаев сложного изгиба в общем виде запишется f ≤ [f] или

$$\sqrt{f_x^2+f_y^2}\leq[f]. \qquad (2.39)$$

Проверка прочности балки при косом и сложном изгибах особых трудностей не представляет, но значительно труднее подбирать сечение балки.

Подбирать сечение произвольных очертаний можно только путем последовательных приближений, а именно: взять пробное сечение нужной формы, определить положение его главных осей и главные моменты инерции, установить наиболее напряженные точки сечения и проверить величину наибольшего напряжения. Размеры сечения придется изменять до тех пор, пока наибольшее напряжение будет отличаться от допускаемого не более чем на ±5%.

Для первой пробы можно подбирать сечение по одной из частей уравнения (2.38), т.е.

$$\frac{M_x}{W_x}=\frac{M_x y_{\max}}{\Im_x}\leq[\sigma] \quad \text{èëè} \quad \frac{M_y}{W_y}=\frac{M_y x_{\max}}{\Im_y}\leq[\sigma].$$

Подбор сечений балок встречается при выполнении домашней работы по деталям машин «Расчет болтового и сварного соединений».

Изгиб с растяжением встречается при практических расчетах деталей сельскохозяйственных машин, тракторов, автомобилей и др.

Условие прочности запишется так же исходя из закона независимости действия сил

$$\frac{N}{F}+\frac{M_x}{W_x}+\frac{M_y}{W_y}\le[\sigma], \qquad (2.40)$$

здесь первый член N/F характеризует нормальные напряжения от растягивающей силы F, второй и третий члены выражения есть напряжения от изгибающих моментов, действующих относительно осей Х и У.

При подборе сечения балки при изгибе с растяжением необходимо поступать так же, как и при сложном изгибе, т.е. подбирать сечение при помощи последовательных приближений. При первой попытке рекомендуется определять сечение по одному из наибольших по значению членов выражения (2.40) с учетом пониженного допускаемого напряжения. Затем увеличивают или уменьшают размеры сечения до тех пор, пока наибольшее напряжение, вычисленное по выражению (2.40) не будет отличаться от допускаемого напряжения не более чем на ±5%.

Изгиб с кручением наблюдается во многих деталях сельскохозяйственных машин: оси полевых и бороздных колес, рамы и стойки плугов, кожух заднего моста комбайнов и автомобилей, коленчатые валы двигателей, валы бортовых передач тракторов и т.п.

Наиболее часто встречается изгиб с кручением стержней круглого сечения.

По третьей теории прочности (см. далее п.2.7.2) условие прочности при изгибе с кручением для материалов, неравнопрочных на растяжение и сжатие, выразится уравнением

$$\sigma_{\max}-k\sigma_{\min}\le[\sigma], \qquad (2.41)$$

где $\sigma_{\max}=0,5\sigma\pm0,5\sqrt{\sigma^2+4\tau_2}$ и

$k=\frac{[\sigma]_p}{[\sigma]_c}$ - коэффициент неравнопрочности материала;

$$\sigma=\frac{\sqrt{M_x^2+M_y^2}}{W_{x,y}} \quad è \quad \tau=\frac{M_k}{W_p}\cdot$$

Подставляя в выражение (2.41) значения σ и τ и учитывая, что $W_p=2W_{x,y}$, получим

$$\frac{\frac{1-k}{2}\sqrt{M_x^2+M_y^2}+\frac{1+k}{2}\sqrt{M_k^2+M_x^2+M_y^2}}{W_{x,y}}\le[\sigma]\cdot \qquad (2.41a)$$

Числитель этого выражения представляет собой некоторый приведенный изгибающий момент $M_{пр}$, действие которого эквивалентно совместному действию трех моментов.

Для равнопрочных материалов к=1 и приведенный момент определится выражением

$$M_{пр} = \sqrt{M_к^2 + M_x^2 + M_y^2}\ . \qquad (2.41б)$$

Условие прочности как для равнопрочных, так и для неравнопрочных материалов по растяжению и сжатию запишется в виде

$$\frac{M_{пр}}{W} \le [\sigma]. \qquad (2.42)$$

Таким образом, расчет стержней круглого сечения, испытывающих изгиб с кручением, производится на изгиб от приведенного момента.

Следует отметить и запомнить, что действующие напряжения во всех рассмотренных случаях сравниваются с допускаемым напряжением материала образца при одноосном растяжении (подробнее смотри п.2.7.2).

2.7.2 О теориях предельных напряженных состояний (теории прочности)

Вопрос теорий предельных напряженных состояний необходим для осознанного решения задач по расчету деталей машин на прочность. Дело в том, что в лабораторных условиях производят исследование образцов материалов, как правило, при линейном нагружении – растяжении или сжатии. При таком напряженном состоянии легко установить величину предела текучести или предела прочности. При определении коэффициента запаса прочности устанавливается допускаемое напряжение [σ], по которому и проверяется прочность деталей.

Сложнее проверить прочность при объемном напряженном состоянии, когда два или три главных напряжения σ_1, σ_2 и σ_3 не равны нулю. В этом случае возникновение опасного состояния возможно при различных числовых значениях главных напряжений, в зависимости от их соотношения.

Для нахождения опасных значений напряжений σ_1, σ_2 и σ_3 пришлось бы в лаборатории подвергать образцы материала действию главных напряжений при их различных соотношениях. Практически осуществить такие опыты невозможно из-за трудности их постановки и большого числа испытаний, а также большого многообразия соотношений величин главных напряжений.

Следует напомнить, что в науке и технике весьма часто используется **прием замены сложного эквивалентным простым** с теми или иными допущениями и оговорками.

И в этом разделе сопротивления материалов и деталей машин нашли целесообразным заменить сложное напряженное состояние

эквивалентным ему одноосным, легко проверяемым опытом. Этим напряженным состоянием является простое растяжение – одноосное, однородное, легко изучаемое и наиболее изученное; напряженное состояние, осуществляемое на простых машинах и простых стандартных образцах, дающих сопоставимые результаты.

Однако, для этой замены должна быть принята какая-то гипотеза о том факторе, какой играет решающую роль в создании предельного напряженного состояния (критерий текучести или критерий разрушения).

Гипотезы о критериях возникновения текучести и о критериях разрушения называют теориями предельных напряженных состояний (теориями прочности).

Выбор критерия составляет основную задачу и является отличительным признаком различных теорий.

В истории развития теорий предельных напряженных состояний присутствовала борьба различных представлений о процессе разрушения как явлении только отрыва или только сдвига. Основные теории следующие.

1 теория –теория наибольших нормальных напряжений имела место в XVШ и первой половине X1X веков. По этой теории разрушение осуществлялось ***путем отрыва*** и коэффициент запаса определяется по разрушению. Отсюда возникла ***гипотеза о наибольшем нормальном напряжении***.

По этой теории два главных напряжения во внимание не принимались. Теория посредственно применима для очень хрупких материалов и неприемлема для большинства материалов.

2 теория – теория наибольших относительных удлинений явилась первой попыткой учесть все три главных напряжения в условии прочности. Однако, опытная дальнейшая проверка показала неприменимость этой теории для большинства материалов и посредственные результаты для очень хрупких материалов.

3 теория – теория о наибольших касательных напряжениях возникла во второй половине X1X века при анализе причин возникновения и развития пластических деформаций.

По этой гипотезе принимают, что для пластичных материалов при сложном напряженном состоянии нарушение прочности, в данном случае возникновение текучести, наступает тогда, когда наибольшее касательное напряжение τ_{max} достигает величины $0{,}5\sigma_т$ (здесь $\sigma_т$ – предел текучести при одноосном растяжении).

Согласно этой теории, прочность обеспечена, если соблюдается условие

$$\tau_{max} \le [\tau]_p, \qquad (2.43)$$

если наибольшее касательное напряжение при сложном напряженном состоянии не превышает допускаемого касательного напряжения при одноосном растяжении.

Следует обратить внимание, что допускаемое касательное напряжение берется при одноосном растяжении стандартных образцов материала.

Если сравнивать эквивалентное напряженное состояние с допускаемым ***нормальным напряжением [σ] при одноосном растяжении***, то оно запишется

$$\sigma_{экв} = \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + 4\tau^2} \le [\sigma]. \qquad (2.44)$$

При двухосном напряженном состоянии, когда нормальное напряжение в продольном сечении равно нулю (изгиб с кручением, растяжение с кручением), имеем $\sigma_y=0$, а $\sigma_x = \sigma$ и уравнение (2.44) принимает вид (для равнопрочных материалов)

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} \le [\sigma] \qquad (2.44а)$$

Итак, на основании третьей теории прочности, опасное состояние в данной точке наступает тогда, когда разность между наибольшим и наименьшим главными напряжениями равна значению напряжения, соответствующего разрушению (возникновению текучести) при осевом растяжении или сжатия

$$\sigma_{экв} = \sigma_1 - \sigma_3 \le [\sigma]. \qquad (2.45)$$

Если у материалов допускаемые напряжения на растяжение и сжатие различны $[\sigma]_р \neq [\sigma]_с$, то в условие прочности вносится поправка для вычисления эквивалентных напряжений,

$$\sigma_{экв} = \sigma_1 - \frac{[\sigma]_p}{[\sigma]_c}\sigma_3 \le [\sigma]_p \qquad (2.45а)$$

Условие прочности в виде (2.45а) именуется гипотезой прочности О. Мора, которую можно рассматривать как обобщение гипотезы наибольших касательных напряжений.

4 теория – теория энергии формоизменения (энергетическая теория прочности) появилась позже всех. Согласно этой теории нарушение прочности обусловлено величиной удельной потенциальной энергии формоизменения (сдвигов), накапливаемой в материале при его деформировании.

Условие прочности по теории формоизменения запишется так – ***удельная энергия формоизменения при сложном напряженном состоянии не должна превышать допускаемую удельную энергию формоизменения при одноосном растяжении***.

Эта теория учитывает все три главных напряжения и по сравнению с третьей теорией дает более точные результаты, условие в общем виде запишется,

$$\sigma_{экв} = \sqrt{0,5\left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2\right]} \le [\sigma]_p. \qquad (2.46)$$

Для двухосного напряженного состояния для равнопрочных материалов условие прочности запишется в следующем виде,

$$\sigma_{экв} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \le [\sigma]_p. \qquad (2.46а)$$

Несколько слов о применимости рассмотренных теорий предельных напряженных состояний к расчету технологических процессов, осуществляемых в строительном производстве. Эти процессы являются теми или иными видами разрушения строительных материалов. Для некоторых материалов до самого разрушения можно пользоваться законом Гука и вести на этой основе, а также на основе экспериментальных данных приближенные расчеты технологических процессов, осуществляемых в строительном производстве.

Например, при обработке почвы ярко выражена взаимосвязь и взаимодействие нормальных и касательных напряжений. Академик В.П. Горячкин считал для этого случая наиболее приемлемой теорию предельных состояний О.Мора, ибо в процессе деформирования и разрушения почвы присутствует единство сдвига и отрыва.

Итак, обобщая вышесказанное необходимо запомнить и осознать следующее:

- выдвинутые теории предельных напряженных состояний основаны на экспериментальных исследованиях, естественно, они не могут отразить все многообразие факторов, влияющих на это состояние, поэтому расчеты являются приближенными;

- все сложные напряжения в деталях сводятся к эквивалентному одноосному напряжению при растяжении (сжатии). Это необходимо иметь в виду при составлении условий прочности деталей. Во всех случаях все виды напряжений сравнивают с допускаемым нормальным напряжением [σ] при растяжении стандартного образца.

2.8 О формулах, выражениях, математических моделях

О формулах и других математических выражениях возникла необходимость написать по той причине, что студенты не до конца понимают их смысл, значение, а самое главное, применение.

Парадокс заключается в том, что с формулами неразрывно связана вся учебная деятельность и школьников в средней школе, и студентов в высших учебных заведениях. Формулами насыщены алгебра, математика, геометрия, практически все общетехнические и специальные дисциплины.

Однако, несмотря на обилие формул, студенты не могут ответить на довольно простые вопросы, касающиеся формул. Например, зачем нужны формулы, как и где ими пользоваться?

Попробуем осветить этот вопрос и кратко изложить основные положения.

Формула – это символическая запись, состоящая из цифр, букв и специальных знаков, расположенных в определенном порядке, и являющаяся носителем информации. Итак, первое, что необходимо запомнить это то, что в формуле в сжатом виде математическими символами заложена определенная информация.

Формул можно привести несколько видов: ***интерполяционная*** (для нахождения многочлена степени m), ***квадратурная*** (для приближенного вычисления определенного интеграла), ***кубатурная*** (для приближенного вычисления кратных интегралов), ***приближенная*** (для приближенного вычисления некоторой величины), ***рекуррентная*** (для определения каждого члена последовательности через предшествующие ему члены), ***формула Эйлера*** (связывает тригонометрические и показательную функции произвольного комплексного аргумента z), ***эмпирическая*** (функциональная зависимость, полученная из обработки экспериментального материала путем отыскания такой функции, чтобы отклонение ее от реальной зависимости было по возможности мало; процесс нахождения и вид эмпирической формулы неоднозначны, так как зависят от принятой меры отклонения), ***формулы приведения*** (тригонометрические соотношения, позволяющие сводить тригонометрические функции произвольного аргумента к значению этих функций от аргументов, лежащих в промежутке $0,\pi/2$).

Кроме формул есть еще несколько математических записей, отражающих определенные понятия.

Выражение - запись в определенном порядке ряда алгебраических действий над совокупностью величин.

Уравнение - запись в форме равенства задачи об отыскании значений аргумента, при которых значения двух данных *функций* равны. Аргументы, от которых зависят эти *функции*, называются неизвестными, а значения неизвестных, при которых значения *функций* равны, - решениями (корнями) уравнения.

Функция – зависимая переменная величина. Если каждому рассматриваемому значению величины ***x*** **(**аргумента, или независимого переменного) соответствует определенное значение величины ***y***, то последнюю называют функцией первой. С помощью функций выражаются многие количественные закономерности в науке и технике.

Модель – это аналог явления, сохраняющий его существенные черты и служащий для его изучения. ***Математическая модель*** - есть описание какого–либо класса явлений, выраженное с помощью математической символики. Модель создается для того, чтобы малыми материальными затратами исследовать явление, процесс и т.п. с интересующих исследователя сторон. Удобнее исследование проводить с помощью компьютерной техники.

В последующем изложении для ***упрощения*** математические записи будем называть ***формулами.***

На вопросы преподавателя при ответах студенты пишут те или иные математические выражения, но практически мало кто из них может показать и доказать, правильно ли им написано выражение, с какой стороны подойти к ответу.

На этот счет несколько простых советов.

- О том, правильно ли написано выражение, можно судить по его размерности, особенно необходимо проверять самостоятельно выведенные математические выражения. Необходимо в формулу подставить размерность каждого символа и посмотреть результат внутри скобок и конечный. Например, выражение вида ($\ell^2 + \ell \cos\alpha$) неправильно (ℓ-длина, м).

- В выражениях вида e^x, logx, sinx, cosx и т.д. величина x должна быть безразмерной. То же самое относится к любой функции, которую можно разложить по степеням x.

- Следует проверить, приобретает ли выражение правильный вид в простейших частных случаях, т.е. проверить выражение при некоторых начальных условиях, приравняв их нулю, где это возможно.

- При необходимости алгебраических преобразований с величинами, для которых есть числовые значения, сначала нужно выполнить эти преобразования и вывести окончательное выражение. Лишь после этого подставляют в выражение числовые значения. Так легче избежать ошибок, кроме того, подставив числа, невозможно проверить размерности.

Обращает внимание то, что когда студентами пишется то или иное математическое выражение, то объяснить, что обозначает каждый символ, входящий в выражение, и какую информацию он содержит (несет), не могут. Не обращают внимание на точность того или иного символа и на точность конечного параметра. Не всегда могут ответить на практическое применение формулы, на использование ее при ответах на поставленные вопросы.

Отсюда следует, что математические выражения (формулы) мало понимаются и практически не используются студентами при ответах, хотя большей частью в формулах содержатся четкие и конкретные ответы на поставленные вопросы.

Приведем конкретные примеры с пояснениями.

Например, при изучении полиспастов, внимание студентов обращается на понятие о КПД. При собеседовании задается простой вопрос – ***как увеличить КПД полиспаста, имеющегося в лаборатории (подвешен на кронштейне)*?**

Можно услышать различные ответы: надо увеличить диаметр блоков, уменьшить диаметр цапф, уменьшить кратность полиспаста, увеличить число блоков и т.п. Но практически никто из студентов не обращался при ответах к формуле значения КПД полиспаста.

Формула КПД записана в следующем виде

$$\eta = \frac{1 + \eta_{бл} + \eta_{бл}^2 + \eta_{бл}^3 + \ldots + \eta_{бл}^{n-1}}{i_n}, \qquad (2.47)$$

где $\eta_{бл}$-КПД блока;

$i_п$ – кратность полиспаста.

Поскольку кратность полиспаста, входящая в знаменатель выражения (2.47) не подлежит изменению (иначе теряет смысл устройства), то единственный способ увеличить КПД полиспаста - это увеличить значение числителя, а это возможно только увеличением КПД блока.

Если же последует вопрос – как увеличить КПД блока? То и здесь необходимо рассмотреть формулу значения КПД блока и проанализировав ее, дать ответ,

$$\eta_{бл} = 1 - \varphi_{бл},$$

где $\varphi_{бл}$- потери в блоке.

В свою очередь, потери будут равны,

$$\varphi_{бл} = \frac{2\xi}{D} + 2f' \frac{d}{D}, \qquad (2.47а)$$

где ξ –жесткость каната, мм; D- диаметр блока, мм; f′- приведенный коэффициент трения в цапфе; d – диаметр цапфы, мм.

Из выражения (2.47а) следует, что потери в блоке состоят из потерь на жесткость каната (огибание блока канатом) и потерь на трение в цапфе (второй член выражения).

Можно заключить, что для уменьшения потерь (следовательно, для увеличения КПД блока) необходимо уменьшить потери на жесткость и на трение в цапфе.

Поскольку диаметры блоков в изготовленной конструкции и канат изменить нельзя, то уменьшить потери можно только уменьшением приведенного коэффициента трения, т.е. смазать подшипник цапфы (если он не смазан).

Вопрос касается ленточного дифференциального тормоза - при каком условии в тормозе будет отсутствовать самозатягивание, которое не позволит работать тому или иному механизму?

Опять же ответы студентов никоим образом не связаны с формулой, которая дала бы правильный ответ. Отвечают же студенты гаданием и ответы ничем не обоснованы, естественно, неверны.

Для правильного ответа необходимо привести формулу, которая связывает силу P давления на рычаг, плечи **а,б,с** нажимного рычага, диаметр D тормозного шкива, тормозной момент M, приведенный коэффициент трения f', угол α охвата шкива лентой

$$P = \frac{2M(a - ce^{f'\alpha})}{Db(e^{f'\alpha} - 1)}. \qquad (2.48)$$

Исходя из формулы (2.48) следует, что в тормозе будет отсутствовать самоторможение тогда, когда сила P на рычаге будет больше нуля, при P≤0, тормоз будет самозатягиваться.

Следовательно, условие будет соблюдено при P>0. В выражении (2.48) знаменатель всегда будет положительным (больше нуля), в числителе M – число положительное, и в скобках разность также должна быть положительна, т.е. $a - ce^{f'\alpha}$ >0, отсюда условие отсутствия самозатягивания зависит от расстояний от оси качания рычага до точек крепления концов ленты и должно удовлетворять неравенству $a > ce^{f'\alpha}$.

При опросе о болтовом соединении с предварительной затяжкой и нагруженной отрывающей силой задается вопрос о деформации и податливости болта. Что такое деформация и податливость, как увеличить (уменьшить) податливость болта?

Опять же рассуждения необходимо подкреплять и обосновывать известными законами и дополнить сказанное математическими выражениями, анализ которых может дать ответ на разные вопросы.

Ответ предлагается давать в следующем виде.

Из сопротивления материалов известно, что при действии растягивающей силы стержень испытывает нормальные напряжения, определяемые отношением силы на площадь сечения болта, т.е. **σ = P/F**.

С другой стороны при линейной деформации зависимость между нормальным напряжением и деформацией выражена законом Гука, т.е. **σ = ε·E**, где ε – относительное удлинение стержня, равное отношению (деформации) абсолютного удлинения ($\Delta\ell = \ell_1 - \ell$) к первоначальной длине стержня ℓ ($\varepsilon = (\ell_1 - \ell)/\ell$), ε – безразмерная величина, E – модуль продольной упругости, Па.

Поскольку нормальные напряжения как в первом, так и во втором равенстве (левые члены) равны, то равны и их правые составляющие, т.е. **P/F=εE**, имея в виду, что $\varepsilon = (\ell_1 - \ell)/\ell$, значение деформации болта будет равно

$$l_1 - l = \Delta l = \frac{Pl}{EF}.$$

Отсюда следует, что деформация (абсолютное удлинение, укорочение) прямо пропорционально действующей силе P и длине болта ℓ и обратно пропорционально площади поперечного сечения F и модулю продольной упругости E материала болта.

В этом выражении $\lambda = \frac{l}{EF}$ называется ***податливостью болта*** (стержня) и можно заключить, что деформация болта Δℓ равна произведению силы P на податливость λ, т.е. **Δℓ=P λ *– связь деформации и податливости.***

Отчего зависит податливость? Для этого надо проанализировать $\lambda = \frac{l}{EF}$, откуда видно, что податливость зависит от длины болта, площади сечения и модуля продольной упругости.

Если необходимо увеличить податливость (не заменяя материал болта, модуль упругости) можно либо увеличить длину болта, находящуюся под напряжением (подложить под гайку втулку определенной высоты), либо уменьшить площадь сечения болта (высверлить отверстие вдоль оси).

Как видно из приведенных примеров, используя формулы, ответить на поставленные вопросы преподавателя не составляет особых трудностей.

Можно конечно продолжить примеры и дальше, но все случаи охватить не представляется возможным, ибо тогда студентам не надо «напрягать мозги» и думать самому.

Наша же задача – научить студентов пользоваться всеми инструментами познания (формулы, считаем, относятся к таким инструментам) и совершенствовать тем самым свой мыслительный и познавательный потенциал.

Итак, встречаясь с математическими выражениями, студент должен помнить:

- выражение несет определенную информацию в сжатом виде, представленную в виде математических символов и чисел;

- выражение надо осмыслить и принять сознанием, что означает каждый символ, какую часть информации он несет, как влияет каждый символ на конечный результат;

- какую точность имеет каждая составляющая выражения;

- как использовать выражение для практического применения, для ответов на те или иные вопросы;

- какие размерности имеет каждый из символов, какая размерность конечного символа.

2.9 О графической информации

В познании и изучении общетехнических дисциплин графическая информация (иллюстрации) играет также большое значение. К этой группе можно отнести: графики, гистограммы, пиктограммы, номограммы, диаграммы, схемы, чертежи и фотографии. Кратко изложим основные сведения о каждом из них[10].

График (от греческого graphikos –начертанный) – линия зависимости какой-либо величины от другой, при этом по горизонтальной оси откладывают независимую переменную, а по вертикальной оси – определяемую величину. Другими словами, по горизонтали откладывается причина, а по вертикали –следствие.

График функции, линия, дающая наглядное представление о характере изменения функции. График функции **y=f(x)** состоит из точек, абсциссы которых равны значениям **x**, а ординаты- соответствующим значениям **y**.

Графики используются как для анализа, так и для повышения наглядности иллюстрируемого материала.

Графики как форма предъявления информации имеют ряд особенностей в сравнении с другими формами:

- они дают возможность наглядного восприятия разного рода функциональных зависимостей, в том числе и таких, которые принципиально невозможно наблюдать визуально;

- по характеру изменения одной величины можно прогнозировать характер изменения другой, что в некоторых случаях весьма важно;

- в некоторых случаях позволяют достаточно точно экстраполировать характер поведения параметрической линии.

Следует еще раз отметить, что графики также содержат определенную информацию, изображенную линиями в координатных плоскостях и этой информацией необходимо пользоваться и ориентироваться в ней достаточно свободно.

В качестве примера рассмотрим график зависимости деформации болта и

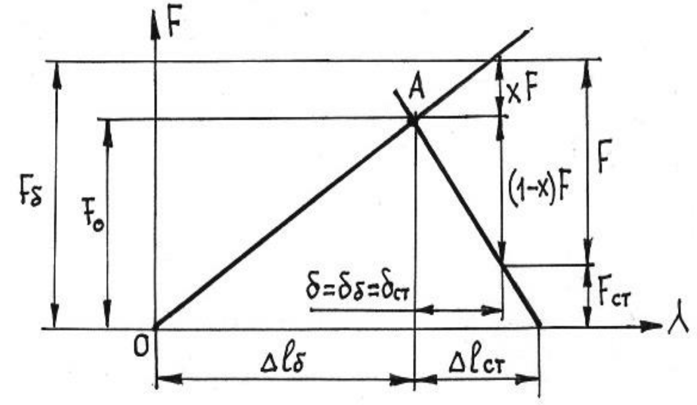

Рисунок 2.12- График деформации болта и стыка

стыка от нагрузки (рисунок 2.12).

Деформация болта и стыка болтового соединения откладывается по оси абсцисс, а нагрузка на болт, стык и внешняя сила –по оси ординат. Поскольку деформация болта и стыка изменяются по линейной зависимости, графики зависимости деформации от нагрузки и в болте и стыке изображаются прямыми линиями. Так как деформация у болта растягивающая, а в стыке сжимающая, линии их имеют разное направление.

В точке А пересечения линий болта и стыка зафиксировано состояние предварительной затяжки болта силой F_0, при этом болт удлиняется на величину $\Delta\ell_б$, а стык сжался на величину $\Delta\ell_{ст}$.

После предварительной затяжки к соединяемым деталям (в стыке) приложили внешнюю силу F, часть этой силы xF будет нагружать болт и увеличивать его деформацию на величину $\delta_б$, другая часть внешней силы (1-x)F будет разгружать стык также на величину деформации $\delta = \delta_б = \delta_{ст}$.

Теперь болт удлинился и его деформация стала равна $\Delta\ell_б+\delta$, а стык разгрузился и его деформация стала равна $\Delta\ell_{ст}-\delta$.

Болт стал догружен дополнительной силой xF и его нагрузка будет равна $F_б$, а стык разгрузился на величину силы (1-x)F и стык теперь нагружен силой $F_{ст}$.

По усилию $F_б$ следует вести расчет болта на прочность, а стык не будет раскрыт при условии $F_{ст}>0$.

Какую дополнительную информацию еще может дать график?

Можно, например, оставить неизменными предварительную затяжку

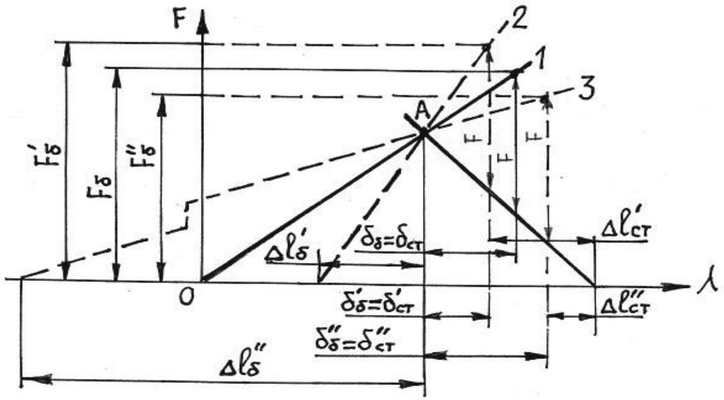

Рисунок 2.13 – График деформации с измененной податливостью болта

F_0 болта, внешнюю нагрузку F и стыковые поверхности, но изменить податливость болта, сначала уменьшить, затем увеличить. При уменьшении податливости болта, линия 2 (рисунок 2.13) пересекается в той же точке А с линией стыка. При этом значительно увеличивается нагрузка на болт F_b', уменьшается общая деформация болта и стыка $\delta_б' = \delta_{ст}' < \delta_б = \delta_{ст}$. Уменьшается деформация болта $\Delta \ell_б'$, но увеличивается остаточная деформация стыка $\Delta \ell_{ст}'$. Таким образом, при неизменной величине внешней нагрузки и податливости стыка, но при уменьшении податливости болта уменьшается деформация болта и увеличивается остаточная деформация стыка. При увеличении податливости болта, линия 3 уменьшается нагрузка $F_б''$ на болт, увеличивается общая деформация болта и стыка, увеличивается конечная деформация болта, но уменьшается конечная деформация стыка. Можно менять податливость стыка, результат влияния представляется вывести самим студентам. Теперь оставим неизменными максимальное усилие $F_б$ на болте, внешнюю силу F, податливость стыковых поверхностей и будем изменять податливость болта, сначала уменьшим, затем увеличим (Рисунок 2.14).

При уменьшении податливости болта, линия 2, уменьшается сила предварительной затяжки F_0', уменьшается деформация болта $\Delta\ell_б'$ и стыка $\Delta\ell_{ст}'$. При увеличении податливости болта, линия 3, увеличивается сила предварительной затяжки F_0'', увеличиваются деформации болта и стыка.

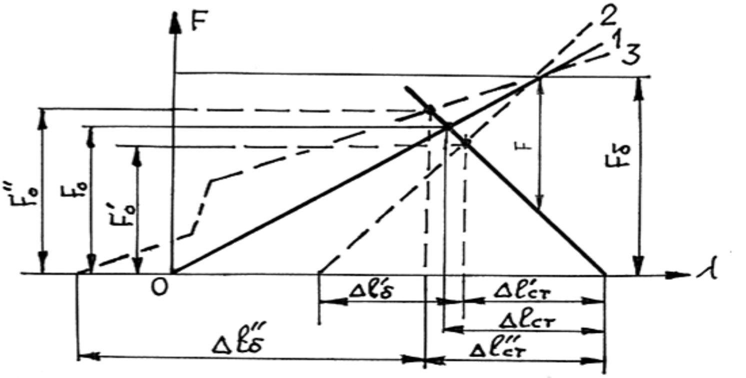

Рисунок 2.14 – График при изменении податливости болта и неизменном максимальном усилии в болте

Можно и здесь выявить влияние изменения податливости стыка, это представляется сделать самим студентам.

Как видно из примера, графики дают более наглядную и достаточно убедительную информацию о взаимодействии сил и линейных деформаций болтового соединения при разном соотношении податливости болта (податливости стыка).

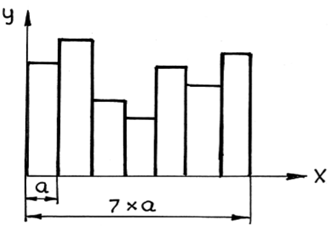

Рисунок 2.15 – Пример изображения гистограммы

Гистограмма – графическое представление экспериментальных данных, при которых на оси абсцисс отмечаются через равные промежутки точки, соответствующие значениям измеряемой величины и на интервалах параллельно оси координат строятся прямоугольники с площадями пропорциональными числу наблюдений. Изображаемая графическая величина на гистограмме представлена площадью прямоугольного столбца и при одинаковой ширине столбцов, высота столбцов оказывается прямо пропорциональной изображаемым величинам. На рисунке 2.15 приведен пример изображения гистограммы. При использовании гистограмм следует помнить, что чем проще форма предъявления информации, тем с большей легкостью эта информация поддается интерпретации, тем легче она будет понятна. Простота формы гистограммы является важнейшей предпосылкой понимания ее данных.

Пиктограмма – условный рисунок, один из видов графической формы представления информации. Имеет цель – обратить внимание на основной факт, не акцентируя внимание на деталях. Факты, освещаемые при помощи пиктограммы, должны удовлетворять признаку метричности, т.е. допускать свое количественное выражение, признаку изобразимости и признаку дискретности.

Так как пиктограмма является разновидностью столбиковой диаграммы, то основной принцип - изображаемая величина представлена площадью фигуры – в полной мере сохраняется и по отношению к пиктограммам.

Номограмма – чертеж, являющийся изображением функциональных зависимостей и применяемый для получения (без вычислений) приближенного решения уравнений. По номограмме можно вычислить, например, значение одной величины по заданным значениям двух других величин.

В качестве примера на рисунке 2.16 представлена номограмма для определения углов заточки резца.

По номограмме можно вычислить, например, значение одного из углов α_y установки резца на заточном станке по заданным значениям углов резца α и φ, связанных зависимостью

$$tg\alpha_y = \frac{tg\alpha}{\sin\varphi}.$$

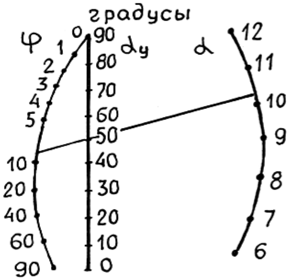

Рисунок 2.16 –Номограмма для определения углов заточки резца

Номограмма состоит из трех шкал, соответствующих перечисленным выше углам и построена так, что три точки, изображающие на шкалах значения α_y, α и φ , всегда лежат на одной прямой. Например, по α=10,5^0 и φ=9^0 определяется α_y=50^0.

Номограммы получили широкое распространение во многих научных текстах Их значительное преимущество перед другими графическими формами

предъявления информации – возможность, не производя специальных вычислений, с практически достаточной точностью выполнять разнообразные вычислительные операции, например, получать решения уравнений.

Недостаток номограмм – ее большая насыщенность линиями, шкалами и цифровыми отметками, что в сочетании с небольшими размерами номограммы существенно затрудняет пользование ею, приводя к потерям времени и ошибкам при считывании.

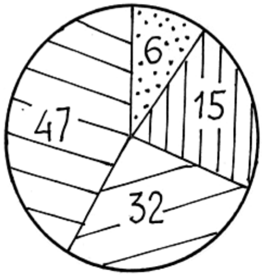

Рисунок 2.17 – Пример диаграммы

Диаграмма – графическое изображение, наглядно показывающее соотношение между различными значениями величин. Она эффективна в случаях, когда необходимо визуально быстро определить превосходство по какому-либо признаку одного процесса или явления над другим. Диаграммы могут быть самых разнообразных видов, наиболее распространенные из них: - ***круговая (кольцевая, полукруглая) диаграммы***, в которых диапазон изменяемой величины или полный объем какого-либо показателя представлен кругом, полукругом, кольцом (100%). Секторы круга, полукруга, кольца обозначают долю того или иного объекта. При помощи таких диаграмм удобно показывать различные зависимости. Например, на этих диаграммах удобно отображать процессы и явления, допускающие членение по какому-либо признаку при условии, что части членения будут соизмеримы друг с другом. Круговая диаграмма показана на рисунке 2.17, она показывает успеваемость студентов 3 курса за зимнюю сессию: неудовлетворительные оценки -6%, удовлетворительные -47%, хорошие -32 % и отличные -15%.

- ***линейная диаграмма***, показывающая сравниваемые количества (числа), изображенные в виде линейных отрезков, длины которых сопоставимы;

- ***столбиковая диаграмма***, в которой расположение прямоугольников (столбиков) показывает относительные величины выражаемого явления или процесса. Расположение прямоугольников может быть горизонтальным или вертикальным, последнее более предпочтительнее, так как позволяет обнаружить даже небольшие различия по высоте.

Диаграммы не имеют координатных осей, а необходимые числовые отметки размещаются, как правило, на самой диаграмме. Части членения можно окрасить в различный цвет или различным образом заштриховать. Непосредственно вблизи диаграммы следует расшифровать каждый цвет или тип штриховки.

Схема – это изображение, передающее обычно с помощью условных знаков и без соблюдения масштаба основную идею какого-либо устройства, предмета, сооружения или процесса и показывающее взаимосвязь их главных элементов.

Любая схема, отображающая технический объект, представляет собой продукт абстрагирования с целью показа лишь самого существенного и принципиального, которое зависит от аспекта изучения объекта, и который может быть представлен различными схемами (кинематическими, гидравлическими, электрическими и т.д.).

Кинематические, электрические, электронные, тепловые схемы различных устройств должны быть изображены с использованием обозначений, установленных соответствующими стандартами.

На схемах всех видов должна быть выдержана толщина линий изображений основных и вспомогательных, видимых и невидимых деталей и толщина линий их связей.

Сложные кинематические схемы различных механизмов машин с большим количеством перекрывающих друг друга деталей рекомендуется изображать в аксонометрии так, чтобы отчетливо были видны все детали и их связи.

В некоторых статьях пространственные схемы различных систем изображаются в виде прямоугольников с простыми связями – линиями. Такие схемы обычно называют блок-схемами. Однако для большей ясности и наглядности при вычерчивании блок-схем нужно стремиться к натурному изображению приборов и аппаратов, выдерживая примерно их размеры. При таком способе изображения схем отпадает надобность включения в рукопись отдельных рисунков с изображением приборов и аппаратов, являющихся частью схемы.

Чертеж – основной вид иллюстрации в инженерных работах. Он используется тогда, когда надо максимально точно изобразить конструкцию машины, механизма, сборочной единицы, детали. Чертеж должен быть выполнен в точном соответствии с правилами черчения и требованиями соответствующих стандартов.

Чертеж в статье или диссертации не является рабочим чертежом, по которому изготавливают изделие, поэтому его значительно упрощают, избавляясь от всего, что не требуется для понимания конструкции изделия. Названия сборочных единиц и деталей на таком чертеже обычно не пишутся, технические требования и другие данные не приводятся.

Технические рисунки применяют, если необходимо показать внешний вид аппаратов, приборов и т.п., а также их внутреннее устройство такими, какими мы их зрительно воспринимаем, но только без лишних деталей и подробностей. Такие рисунки, как правило, выполняются в аксонометрической проекции по ГОСТ 2.317-69. Технические рисунки обладают большими познавательными возможностями.

С помощью рисунка можно наглядно изобразить форму, структуру и расположение предметов. Он позволяет легко устранить все ненужное, мешающее понять суть предмета и выделить основные части изображаемого, показать изделие в разрезе. Особенно полезен рисунок, когда требуется показать монтаж устройства или отдельные детали его сборочных единиц.

Фотография являются одним из достоверных средств наглядной передачи действительности. В тексте статьи и диссертации фотография не только иллюстрация, но научный документ (устройство, машина, рабочий орган, вид растения и т.п.), подтверждающий наличие того или иного объекта. Она применяется тогда, когда необходимо с документальной точностью изобразить предмет или явление со всеми его индивидуальными особенностями. Фотография также используется в качестве доказательства существования чего-либо в определенном месте, в этих случаях снимок делается с документирующим фоном.

Фотографии должны быть ясными, достаточно контрастными и без повреждений (изломов, проколов, царапин, следов от надписей и т.п.).

Фон на фотографиях сохраняют в тех случаях, когда он несет смысловую нагрузку или он необходим для лучшего восприятия фотографии. Приборы, аппараты, пульты управления и другие подобные объекты изображения лучше давать без фона. На изображениях оборудования не должно быть темных мест, мелких неясных деталей, искаженной перспективы.

В научно-технических изданиях изображение людей на фотографиях допускается лишь в тех случаях, когда требуется показать масштабы объектов или приемы работы. Но изображение человека не должно отвлекать внимание от снимаемого объекта, поэтому желательно, чтобы лицо человека не просматривалось.

Допускается компьютерная обработка фотографий.

При помощи фотографий не всегда выявляются скрытые формы отдельных машин и механизмов, течение многих технологических процессов. Эти недостатки отсутствуют в технических рисунках-иллюстрациях, выполненных с использованием художественно-графических приемов и средств.

Заключая этот раздел, хочется пожелать студентам усвоить, осознать и запомнить на долгие годы изложенные сведения по некоторым общетехническим вопросам. Самое главное, использовать их в освоении других дисциплин. При этом необходимо стараться совершенствовать свое мышление, развивать творческие задатки и поиски нового, умение опереться на предшествующий опыт, способность аргументированно отвечать на вопросы и отстаивать свои собственные убеждения.

3 О ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ

В учебном процессе высших учебных заведений лабораторные работы после лекций являются неотъемлемой составляющей в подготовке инженерно- технических кадров, они должны служить выработке у будущих специалистов важных и необходимых для самостоятельной работы качеств, а также развитию творческого мышления.

Одна из самых насущных проблем современного образования – более разносторонняя подготовка с более широким общетехническим кругозором будущих специалистов.

Не менее настоятельной является потребность видоизменения и самой системы обучения. Что касается лабораторных работ, то на смену весьма условной лабораторной практики должна внедряться ***тенденция к обучению в процессе экспериментальных работ с дискуссиями и коллективно-индивидуальным собеседованием.*** Кроме этого, лабораторные работы должны выполняться с научно-исследовательским уклоном, ***с необходимостью осмысленного подхода к проведению опытов, обработке экспериментальных данных, с анализом теоретической части и экспериментальных результатов и, самое главное, осознанных выводов и рекомендаций по тематике лабораторных работ***.

Необходимо добиваться от студентов более добросовестного отношения к тому, что они делают и делали бы это с сознанием, понятием и интересом. Иное отношение – бесполезная трата времени.

Цель данного раздела – помочь студентам в выполнении лабораторных работ по деталям машин, повысить эффективность усвоения, осознать значимость темы в технике, научиться навыкам элементов научно-исследовательских работ и обработке результатов, и умению использовать знания в конкретных практических целях, а также умению анализировать результаты и составлять выводы по работе, находить связь с другими дисциплинами и определять аналоги в технике.

Проведение лабораторных работ в таком объеме, несомненно, способствует развитию мышления у студентов.

Лабораторные работы позволяют:

- закрепить, обобщить, углубить и расширить теоретические знания, полученные при изучении деталей машин и подъемно-транспортирующих машин;

- ознакомиться с конструкциями лабораторного оборудования, приборами и средствами измерения;

- комплексно подходить к изучению той или иной лабораторной темы (оценить конструкцию лабораторной установки, определить состав механизмов, отметить положительные стороны, дизайн, недостатки установки);

- научиться планировать эксперимент так, чтобы точность измерения соответствовала поставленной цели;
- обрабатывать результаты экспериментального исследования;
- оценивать точность окончательного результата;
- анализировать результаты теоретической и экспериментальной частей;
- делать выводы по результатам лабораторной работы и доказывать их достоверность;
- использовать теоретические знания в практике « не только знать, но и уметь применить знания в конкретном деле».

3.1 Теоретическая часть лабораторных работ

На кафедре лабораторные работы по деталям машин проводятся как «малые научно-исследовательские работы», в которых обязательно присутствует теоретическая и экспериментальная части и связанные с этим атрибуты.

Конечно, содержание вышеуказанных частей работы имеют значительно меньший объем, но он достаточен, чтобы студент, выполнив и защитив работу, имел навыки в такой деятельности и полное представление о порядке своего возможного участия, например, в научных студенческих обществах и, в дальнейшем, в научных исследованиях через аспирантуру. Эти лабораторные работы будут являться первыми шагами студентов в научно-исследовательской практике.

Итак, каждая из лабораторных работ по деталям машин содержит, как правило, теоретическую часть. Что требуется от студента на этом этапе работы?

В первую очередь необходимо хорошо изучить конструкцию лабораторной установки, приборы и инструменты, необходимые для измерения параметров установки.

Необходимо при чтении обратить внимание на технические термины, встречающиеся в тексте: мысленно надо передать смысл термина воображаемому собеседнику. Если есть затруднения в понимании, проконсультироваться с преподавателем.

Разобраться и осмыслить математическое выражение, представляющую теоретическую основу лабораторной работы. Все, что говорилось о формулах и выражениях в разделе 2.8, полностью относится и к теоретической части работы.

Необходимо вникнуть в смысл каждого из составляющих выражения, при этом особое внимание обратить на точность значения каждого символа, ибо от их точности зависит точность и достоверность конечного результата определяемого параметра. Это будет играть определенную роль при сравнении результатов теоретических и экспериментальных вычислений, при составлении выводов о работе, причинах несовпадения результатов.

Почему на это следует заострить внимание студентов? Потому что теоретически определяемый конечный параметр редко будет идеально точным и достоверным. Точность его будет зависеть как от диапазона значений составляющих членов, так и от точности их измерения, а это, в свою очередь, зависит от контрольно- измерительных приборов и инструментов.

Необходимо научиться «читать» математическое выражение так, как мы можем читать текст учебника, художественной книги, газеты и т.д.

В качестве примера рассмотрим теоретические части некоторых лабораторных работ.

Исследование ременной передачи, в качестве одного из параметров определяется коэффициент скольжения ремня по шкиву сначала теоретическим, а затем экспериментальным способами.

Сначала рассмотрим только теоретическую часть, проследим за логическим изложением данного вопроса.

В ременной передаче различают два вида скольжения ремня по шкиву: упругое скольжение и буксование. Упругое скольжение наблюдается при любой нагрузке передачи, а буксование только при перегрузке.

Скольжение возникает от разности натяжения ведущей и ведомой ветвей, при этом дуги упругого скольжения располагаются со стороны сбегающих ветвей как у ведущего, так и ведомого шкивов.

Скольжение (удлинение ремня, деформация) возникает на части дуги обхвата, другая часть дуги обхвата, где скольжения нет, называется дугой покоя.

Если дуга скольжения распространяется на весь угол обхвата, то наступает буксование, это недопустимо для работы передачи.

Как теоретически определить коэффициент скольжения (или относительное скольжение)? Какие доводы положить в основу определения скольжения?

Ясно, что скольжение связано с удлинением ремня, поскольку он находится под различным натяжением в набегающей и сбегающей ветвях. Так как ремень находится под действием растягивающих сил (силы натяжения в набегающей и сбегающей ветвях), то в нем, естественно, возникают напряжение, подобное напряжению в образцах из металла при действии на них растягивающих сил.

При предварительном натяжении F_0, натяжение в ведущей ветви будет равно $\mathbf{F_1=F_0+0{,}5F_t}$, а в ведомой $\mathbf{F_2=F_0-0{,}5F_t}$, здесь F_t – окружная сила, приводящая шкивы в движение

Имея в виду формулу Эйлера для натяжений в ветвях ремня, окружная сила будет равна

$$F_t = \frac{2F_0(e^{f'\alpha}-1)}{(e^{f'\alpha}+1)}, \tag{3.1}$$

где F_0- сила предварительного натяжения ремня, Н;

e – основание натурального логарифма;

f' – приведенный коэффициент трения;

α – угол обхвата шкива ремнем, рад.

Итак, зная усилие в ветвях и площадь А сечения ремня, можно определить нормальное напряжение в ремне.

Считается, что упругие деформации ремня **приближенно** подчиняются закону Гука и для ремня он запишется

$$\boldsymbol{\sigma = \varepsilon E}, \tag{3.2}$$

где σ – нормальные напряжения в ремне, МПа;

ε –относительное удлинение ремня ($\varepsilon=(\ell_1- \ell)/ \ell$);

E- модуль упругости ремня, МПа.

Зная относительное удлинение набегающей и сбегающей ветвей, коэффициент скольжения буду равен разности относительных удлинений, т.е.

$$\boldsymbol{\xi = \varepsilon_1 - \varepsilon_2}. \tag{3.3}$$

Учитывая вышеизложенное, и имея в виду значения F_1, F_2, А, коэффициент скольжения запишется в виде

$$\xi = \varepsilon_1 - \varepsilon_2 = \frac{F_0}{AE}(1+\frac{e^{f'\alpha}-1}{e^{f'\alpha}+1}) - \frac{F_0}{AE}(1-\frac{e^{f'\alpha}-1}{e^{f'\alpha}+1}) = \frac{2F_0(e^{f'\alpha}-1)}{AE(e^{f'\alpha}+1)}.$$

Так как $F_0/A=\sigma_0$, то коэффициент скольжения в окончательном виде запишется

$$\xi = \frac{2\sigma_0(e^{f'\alpha}-1)}{E(e^{f'\alpha}+1)}. \tag{3.4}$$

Итак, коэффициент скольжения выражен формулой (3.4). Проведем анализ выражения в последовательности написания символов.

Нормальное напряжение σ_0 в ремне определяется отношением предварительного натяжения F_0 и площади А сечения ремня, т.е. $\mathbf{\sigma_0 = F_0/A}$.

Видно, что для ремня с сечением типа А (площадь сечения приведена в таблице и точность не зависит от исполнителя-студента) нормальное напряжение будет зависеть от силы F_0 предварительного натяжения ремня.

Силу F_0 предварительного натяжения в нашей установке определяют с помощью груза, подвешенного к натяжному устройству, при этом

$$\mathbf{F_0 = 0,5\ mgu}, \qquad (3.5)$$

где m- масса груза, кг;

g- ускорение свободного падения, м/с^2;

u- передаточное число рычажной системы (в установке u=5).

Как видно из выражения (3.5), сила предварительного натяжения в ремне определяется с достаточной точностью, так как масса груза определена с точностью до грамма.

Следовательно, предварительное напряжение σ_0 в ремне можно считать достаточно точно определенным и не вызывающим сомнения в достоверности его численного значения.

На значении натурального логарифма е=2,71828… заострять внимание нет необходимости, ибо оно постоянно и достоверно.

Приведенный коэффициент f′ трения ремня о поверхность шкива зависит от многих факторов: состояния поверхностей (шероховатость и т.д.), значения угла упругого скольжения, влажности, окружной скорости и т.п.

В клиноременной передаче использован принцип искусственного повышения трения за счет заклинивания ремня в пазах шкива. Поскольку ремень податлив, то приведенный коэффициент трения изменяется по дуге обхвата шкива, можно практически принимать $f' \approx (1,2…2,0)f$, а в некоторых случаях и до $f' \approx 3f$.

Отсюда следует, что приведенный коэффициент трения не может быть определен с высокой точностью, ибо в зависимости от условий (которые трудно установить и обеспечить неизменными) он принимает различные значения. Можно утверждать, что нельзя с достоверностью 100% иметь численное значение приведенного коэффициента трения.

Из этого следует, что в теоретической формуле коэффициента скольжения будет разброс и конечного результата.

Следующий параметр – ***угол α обхвата шкива ремнем***. Здесь можно достоверно говорить об угле обхвата, который определяется достаточно точно. Но на полном угле обхвата, как уже упоминалось, имеется ***дуга упругого скольжения и дуга покоя***, которые, к сожалению, численно определить не можем. Точно знаем, что при дуге упругого скольжения, равной дуге обхвата, наступает ***буксование*** и передача становится неработоспособной, такого не должно быть.

Ориентировочно считают, что дуга упругого скольжения составляет 0,7 от дуги обхвата шкива ремнем. Таким образом, и угол α принимает значения, которые точно зафиксировать не представляется возможным.

Модуль продольной упругости Е можно считать известным и достоверным настолько, насколько можно верить справочным данным, принято считать Е=200 МПа для прорезиненных ремней.

Подводя итог анализа определения теоретического коэффициента скольжения, заключаем:

- коэффициент скольжения зависит: от предварительного натяжения F_0 ремня, по величине которого определяется нормальное предварительное напряжение σ_0 в ремне, это значение определяется достаточно точно; от значения приведенного коэффициента трения и дуги упругого скольжения, которые точно определить практически невозможно; от модуля продольной упругости материала ремня, значение которого можно считать точным и достоверным;

- теоретически определяемое значение коэффициента скольжения ремня по шкиву не дает точного значения, поскольку приведенный коэффициент трения и угол упругого скольжения трудно точно определить. Можно только говорить о приближенном значении коэффициента скольжения с достоверностью порядка 0,90…0,96;

- коэффициент скольжения теоретически определяется только для принятого предварительного натяжения ремня, при изменении этого натяжения, коэффициент будет принимать другое значение, которое надо снова вычислять по выражению (3.4).

Такой анализ теоретической части лабораторной работы может служить ориентиром для анализа других типов лабораторных работ не только студентам, но и молодым ученым, готовящих научные диссертации. Осознанный анализ помогает глубже вникнуть в суть информации, заложенной в математическом выражении, о влиянии каждого из составляющих, его точности и достоверности, углубить и расширить теоретические знания изучаемого предмета.

Пример определения численного значения коэффициента скольжения. Определим предварительное натяжение F_0 в ремне, подвесив груз массой m=4,7кг, по формуле $F_0 = 0,5mgu$ (здесь u-передаточное число рычага, равно 5).

$$F_0 = 0,5\cdot 4,7\cdot 9,81\cdot 5 = 115,26 \text{ Н}.$$

Предварительное напряжение σ_0 в ремне сечения А составит (площадь сечения ремня типа А равно 0,81см^2=0,000081 м^2)

$$\sigma_0 = F_0/A = 115,26 / 0,000081 = 14229662 \text{ Па} = 1,4 \text{ МПа}.$$

Примем модуль продольной упругости ремня Е=200 МПа. Так как $f'=(1,2…2,0)f$ и f =0,35, примем f'**=1,2·0,35=0,42**, при $\alpha=180^0=3,14$ угол упругого скольжения приближенно составит 0,7·3,14=2,198.

Коэффициент скольжения определяем по формуле (3,4)

$$\xi = \frac{2 \cdot 1,4(2,71828^{0,42 \cdot 2,198} - 1)}{200(2,71828^{0,42 \cdot 2,198} + 1)} = \frac{2,8 \cdot 1,5172}{200 \cdot 3,5172} = 0,00604 = 0,6\%$$

Примем теперь приведенный коэффициент трения **f′=2,0·0,35=0,7**, и коэффициент скольжения будет равен

$$\xi = \frac{2 \cdot 1,4(2,71828^{0,7 \cdot 2,198} - 1)}{200(2,71828^{0,7 \cdot 2,198} + 1)} = \frac{2,8 \cdot 3,658}{200 \cdot 5,658} = 0,00905 = 0,9\% \cdot$$

Из примера видно, что коэффициент скольжения существенно зависит от значения приведенного коэффициента трения (при равном значении угла упругого скольжения и предварительного натяжения).

Определение коэффициента скольжения экспериментальным исследованием отнесено в раздел экспериментальной части.

Для закрепления подхода к теоретической части рассмотрим еще одну **лабораторную работу – исследование тали**. В этой работе рассматривается определение КПД и усилие на приводной цепи также теоретическим и экспериментальными способами.

Рассмотрим определение усилия на приводной цепи ручной тали теоретическим путем.

Тали, в частности, ручные используются для выигрыша в силе при подъеме груза на небольшую высоту. В тале используется **«золотое правило механики» - выигрываем в силе – проигрываем в расстоянии (скорости**). В лаборатории исследуется ручная таль грузоподъемностью 3 т.

Эта таль состоит из двух механизмов: червячного редуктора и полиспаста.

Из механики известно соотношение между моментами в редукторе, в том числе и у редуктора тали

$$M_п = \frac{M_з}{u_p \eta_p}, \qquad (3.6)$$

где $M_п$- момент на приводной звездочке, Нм;

$M_з$- момент на грузовой звездочке, Нм;

$u_р$ – передаточное число механизма редуктора;

$\eta_р$ – коэффициент полезного действия редуктора (КПД).

Момент на грузовой звездочке с учетом полиспаста будет равен,

$$M_з = \frac{S_{\max} D_з}{2 i_п \eta_п} = \frac{mgD_з}{2 i_п \eta_п},$$

где m –грузоподъемность тали, кг;

g – ускорение свободного падения, м/с^2;

$D_з$ – диаметр грузовой звездочки, м;

$\iota_п$ – кратность полиспаста;

$\eta_п$ – КПД полиспаста.

Имея в виду вышеприведенное и то, что $M_п$=0,5 P $D_п$ (здесь $D_п$ – диаметр приводной звездочки, м), значение силы Р, приложенной к приводной цепи звездочки определится выражением

$$P = \frac{mgD_з}{D_n u_p i_n \eta_p \eta_n}. \qquad (3.7)$$

Проведем анализ каждого из составляющих по мере их написания и выражения в целом.

Масса груза m при определении силы P задается преподавателем, исходя из наличия гирь в лаборатории, масса определяется достаточно точно, численное значение массы выбито на гире.

Ускорение свободного падения g принимается равным 9,81 м/с^2.

Диаметр грузовой звездочки $D_з$ определяется по формуле

$$D_з = \frac{t_ц}{\sin\left(\frac{180^0}{z}\right)},$$

где $t_ц$ шаг грузовой цепи, м - измеряется штангенциркулем с точностью 0,1 мм; z- число зубьев звездочки, подсчитывается на установке. Диаметр звездочки определяется точно и достоверно.

Диаметр $D_п$ ***приводной звездочки*** (цепь сварная) замеряется на установке штангенциркулем также с точностью 0,1 мм.

Передаточное число $u_р$ ***редуктора*** определяется отношением числа зубьев z_2 червячного колеса к заходности z_1 червяка. Число зубьев z_2 определяется подсчетом, а заходность z_1 визуально по торцу червяка (на торце видны начало витков: одного, двух, четырех), на практике распространено число заходов 1,2 и 4. Определение передаточного числа редуктора не вызывает трудностей, определяется точно.

Здесь следует обратить внимание на термин «***заходность червяка***», обычно студенты не могут осознанно объяснить суть его. Если посмотреть на формулу передаточного числа **u**= $\mathbf{z_2/z_1}$ червячного редуктора и на передаточное число механизма из двух зубчатых колес, определяемое отношением $\mathbf{u=z_2/z_1}$, то увидим полную аналогию в определении и сущности передаточного числа.

В червячной передаче z_2- число зубьев червячного колеса, в зубчатой передаче z_2 –число зубьев зубчатого колеса, в червячной передаче z_1 - заходность, в зубчатой передаче z_1 – число зубьев шестерни.

Таким образом, ***можно заключить, что*** **заходность червяка** ***имеет тот же смысл, что и число зубьев шестерни, т.е., если заходность равна 1 или 2, то это означает и равносильно тому, что в обычной зубчатой передаче у шестерни будет 1 или 2 зуба!!***

Парадоксально и невероятно, но это факт, хотя трудно представить шестерню с 1 или 2 зубьями (да это и не может быть вообще).

А как же будет работать передача, у которой шестерня имеет 1 или 2 зуба??

Проблема решена просто, один или два зуба обогнуты (растянуты) вдоль цилиндра в виде витков, т.е. образовали червяк, входящий в контакт с зубьями червячного колеса.

Профессор кафедры Б.В. Шитиков пошел дальше, заменил и в червячном колесе зубья витками, подобным виткам червяка, и получил новое оригинальное зацепление «колес», имеющих вращение в одном направлении.

Известно, что внешнее зацепление колес имеет отрицательное передаточное отношение, колеса вращаются в разных направлениях, у зацепления Шитикова передаточное отношение положительное, т.е. колеса вращаются в одном направлении (тоже невероятно, но это факт действительный и неоспоримый).

Со смыслом термина «заходность» все разрешилось, но ***возникла новая проблема***, связанная с определением начального (делительного) диаметра червяка.

Поскольку аналогия у червячного зацепления полная с зубчатой, то диаметры начальной (делительной) окружностей определяют через модуль и число зубьев. Например, $\mathbf{d_2=mz_2}$, $\mathbf{d_1=mz_1}$ – у колеса и шестерни зубчатого зацепления.

А теперь у червячного колеса $\mathbf{d_2=mz_2}$, аналогично диаметру колеса зубчатого имеем то же реальное значение диаметра, а диаметр у червяка по аналогии с зубчатой шестерней должен быть равным $\mathbf{d_1=mz_1}$.

Так как модуль **m** принимает значения 2; 2,5; 3,4,5,6,8,10,12 мм, а заходность $\mathbf{z_1}$, например, равна 1, то диаметр $\mathbf{d_1}$ червяка будет принимать значения от 2 до 12 мм. Червяк диаметром 12 мм (не говоря уже о диаметре 2 мм) не может быть приемлем ни по прочности и жесткости, ни по образованию витка червяка на цилиндре – вообщем такие червяки в практике не могут быть работоспособны, это практически не реально и не осуществимо.

А как же быть в этом случае, как выйти из затруднения с определением диаметра червяка??

И здесь умные головы нашли выход – ввели еще один термин «**коэффициент диаметра червяка**»!!

Коэффициент q диаметра червяка выбирают по ГОСТ 2144-76 из основного ряда q: 8,10,12,12,5;16,20,25. Выбор q может производиться по рекомендациям справочника – по z_2 червяка.

И диаметр d_1 делительной окружности червяка теперь определяют по формуле

$$\mathbf{d_1 = qm}. \qquad (3.8)$$

Таким образом, при определении делительного диаметра $\mathbf{d_1}$ червяка вместо заходности $\mathbf{z_1}$ берется коэффициент $\mathbf{q}$ диаметра червяка.

Следует отметить, что в учебниках и по ТММ и по деталям машин термины «заходность» и «коэффициент диаметра червяка» упоминаются, но не приводится разъяснение смысла, что вызывает затруднения у студентов в понимании.

Из приведенного ***следует уяснить важный вывод – никоим образом нельзя «проскакивать галопом» по техническим терминам***. Можно было бы принять «заходность» на веру и не вникать в суть, но с этим термином связан и термин «коэффициент диаметра червяка» и общее понятие о зацеплении. Поэтому ***еще раз обращаем внимание студентов – встретив тот или иной термин (или незнакомое слово), обязательно осознайте его смысл и значение, не читайте текст дальше до тех пор, пока не осмыслите незнакомое слово (термин).***

Кратность полиспаста $\boldsymbol{i_n}$ определяется визуально по числу цепей (канатов), на которых висит подвижная подвеска полиспаста. Полиспаст служит для выигрыша в силе или скорости. С полиспастом все просто и ясно, затруднений здесь нет.

Коэффициент полезного действия (КПД) $\boldsymbol{\eta_p}$ червячного редуктора определяется по КПД его составляющих элементов, т.е.

$$\boldsymbol{\eta_р = \eta_{оп}\, \eta_з \quad \eta_в}, \qquad (3.9)$$

где $\eta_{оп}$-КПД опорных валов редуктора;

$\eta_з$ –КПД скольжения витков и зубьев вдоль их профиля;

$\eta_в$- КРД скольжения вдоль винтовой линии витков червяка и зубьев колеса.

КПД опорных валов редуктора определяется по КПД подшипников, на которых установлены валы редуктора, т.е.

$$\boldsymbol{\eta_{оп} = \eta^{к}_{ск}\, \eta^{к}_{к}}, \qquad (3.9а)$$

где $\eta^{к}_{ск}$- КПД пары подшипников скольжения;

$\eta^{к}_{к}$- КПД пары подшипников качения;

к- количество пар скольжения (качения).

КПД пары подшипников обычно принимают по данным справочников: для подшипников скольжения 0,96, для подшипников качения 0,99, не доверять этим данным, нет оснований.

КПД скольжения витков и зубьев вдоль их профиля, равный, как и в обычной зубчатой передаче, точно определить теоретически не представляется возможным. Имеются различные варианты выражений для определения значения КПД, в нашем случае воспользуемся простым определением КПД по формуле

$$\boldsymbol{\eta_з = 1 - 0{,}2f'}, \qquad (3.9б)$$

где f’ –приведенный коэффициент трения зацепления, определяемый в зависимости от скорости скольжения (червяк стальной- колесо из оловянистой бронзы).

Для ручной тали при v_c=0,01 м/с f’=0,11…0,12 ($\alpha_{пр}=6^0 17'…6^0 51'$);

при v_c=0,1 м/с f’=0,08…0,09 ($\alpha_{пр}=4^0 34'…5^0 09'$);

при v_c=0,25 м/с f’=0,065…0,075 ($\alpha_{пр}=3^0 43'…4^0 17'$).

В скобках приведены значения приведенных углов трения, соответствующие тому или иному значению приведенного коэффициента трения.

Приведенный угол трения используется в ***формуле определения КПД скольжения вдоль винтовой линии витков червяка и зубьев колеса***, т.е.

$$\eta_в = \frac{tg\gamma}{tg(\gamma + \alpha_{пр})} \qquad (3.9в)$$

где γ – угол подъема винтовой линии червяка;

$\alpha_{пр}$-приведенный угол трения, определяемый по формуле $\boldsymbol{\alpha_{пр}=arctgf'}$ (здесь f’ – приведенный коэффициент трения).

Угол γ подъема винтовой линии определяется по формуле $\boldsymbol{\gamma=arctg(z_1/q)}$.

Здесь z_1 – заходность червяка, кроме визуального определения по торцу червяка, определяется и по формуле передаточного числа следующим образом. Подсчитывается число зубьев z_2 червячного колеса и определяется передаточное число $u_р$, для чего подсчитывается число оборотов червяка за один оборот червячного колеса и определяют заходность по формуле $\boldsymbol{z_1=z_2/u_р}$.

Коэффициент диаметра червяка определяется по формуле (3.8) $\boldsymbol{q=d_1/m}$.

Диаметр делительной окружности в свою очередь определяется выражением

$$\boldsymbol{d_1=D_1 - 2f_0 m},$$

здесь D_1 – наружный диаметр червяка, f_0 – коэффициент высоты головки зуба, обычно f_0 =1, реже f_0=0,6; m- модуль зацепления, равный отношению осевого шага t на π **(m=t/π).**

Коэффициент полезного действия $\eta_п$ полиспаста в общем виде определяется,

$$\eta_п = \frac{1+\eta_{бл}+\eta_{бл}^2+\eta_{бл}^3+...+\eta_{бл}^{n-1}}{i_п}\eta_{бл}^m , \qquad (3.9г)$$

где $\eta_{бл}$ –КПД блока (звездочки);

m – число блоков (звездочек) между барабаном (звездочкой) тали и последним блоком (звездочкой) подвижной обоймы полиспаста, с которой сбегает канат (цепь) при его наматывании на барабан(звездочку);

$\iota_п$ – кратность полиспаста.

КПД блока (звездочки) определяется ориентировочно по типу подшипника блока (звездочки), при подшипнике скольжения $\eta_б$=0,94…0,96, при подшипнике качения $\eta_б$=0,96…0,98.

Чаще всего в ручных талях используют полиспаст с кратностью, равной двум, т.е. подвижная обойма состоит из одного подвижного блока (звездочки). В этом случае КПД полиспаста будет равно КПД блока (звездочки), т.е. $\boldsymbol{\eta_п = \eta_б}$.

Таким образом, при теоретическом определении силы Р на цепи приводной звездочки, численные значения m, g, $D_з$, $D_п$, $u_р$, $i_п$ определяются с достаточно высокой точностью, не вызывающей сомнения.

В определении КПД редуктора тали: значения КПД пары подшипников, приведенный коэффициент трения в зацеплении, приведенный угол трения и КПД блока в полиспасте определяются ориентировочно, по рекомендациям справочников, следовательно, имеют недостаточную точность и достоверность и имеют некоторый разброс численных значений.

Достоверность указанных параметров можно оценивать ориентировочно как 95…97% от действительных значений.

Ориентировочно определенные вышеназванные параметры будут вносить соответственно и некоторый диапазон значений в конечном результате теоретического определения силы Р, приложенной к цепи приводной звездочки.

Приведем пример определения силы Р теоретически.

Примем массу груза, равной 70 кг, g=9,81 м/с^2. Диаметр грузовой звездочки будет равен $D_З=t_ц/\sin(180/z)=40/\sin 30^0=80$ мм (измеряется штангенциркулем шаг $t_ц$ цепи, число зубьев звездочки z определяется подсчетом на устройстве, z=6).

Диаметр $D_п$ определяется измерением штангенциркулем, $D_п$=240 мм.

Передаточное число редуктора определяется как $u_р=z_2/z_1=32/2=16$ (z_2 – число зубьев червячного колеса, равно 32, z_1- заходность червяка, равна 2).

Кратность полиспаста $i_п$=2, определяется визуально по числу цепей, на которых висит подвижная обойма полиспаста.

КПД червячного редуктора определяется произведением $\eta_р = \eta_{оп}\ \eta_з\ \eta_в$.

КПД опорной части определяется по типам подшипников: один вал размещен на паре подшипников скольжения, другой- на паре подшипников качения, и $\eta_{оп}=0,96\cdot 0,99=0,95$.

КПД скольжения $\eta_з$ витков и зубьев вдоль их профиля определяется

$\eta_з$ =1-0,2f'=1-0,2·0,08=1-0,016=0,984 (f'= 0,08 при v_c= 0,1м/с^2).

КПД скольжения вдоль винтовой линии витков червяка и зубьев колес определится по выражению (3.9в), но для этого необходимо определить угол подъема γ винтовой линии. Угол γ определится ***γ =arctg***

(z₁/q) (z_1=2, а $q=d_1/m$, модуль $m=t/\pi=15{,}3\cdot3{,}14=4{,}87$, примем в соответствии с ГОСТ 18498-73 модуль, равный 5).

Диаметр $d_1=D_1-2f_0m=50-2\cdot1\cdot5 = 40$ мм. Тогда коэффициент заходности червяка $q=d_1/m=40/5=8$. Это значение соответствует значению коэффициента по ГОСТ 19063-73, остается без изменения.

Угол γ определится $\gamma=\mathrm{arctg}(2/8)=\mathrm{arctg}0{,}25=14^0$.

Приведенный угол трения при $f'=0{,}08$ составит $\alpha_{пр}=\mathrm{arc\ tg}0{,}08=4^034'$, тогда КПД скольжения вдоль винтовой линии составит,

$$\eta_в = \frac{tg\gamma}{tg(\gamma+\alpha_{пр})} = \frac{tg14^0}{tg(14^0+4^034')} = \frac{0{,}2493}{0{,}3340} = 0{,}746\cdot$$

Теоретическое значение КПД червячного редуктора будет равно

$\boldsymbol{\eta_р=\eta_{оп}\,\eta_з\ \ \eta_в}= 0{,}95\cdot 0{,}984\cdot \cdot0{,}746 = \mathbf{0{,}697}$.

КПД полиспаста равно $\eta_п= \eta_б =0{,}96$, так как звездочка подвижной обоймы полиспаста установлена на подшипниках скольжения.

Окончательное значение КПД тали, определенное теоретически будет равно $\boldsymbol{\eta_т= \eta_р\,\eta_п =0{,}697\cdot0{,}96= 0{,}669}$.

Еще раз напомним, что значение КПД тали будет иметь ориентировочное значение, поскольку значение КПД пары подшипников опор валов, приведенный коэффициент трения и приведенный угол трения в червячном зацеплении, КПД блока полиспаста имеют разброс значений, определены из справочных данных, которые в реальной установке не будут точно соответствовать табличным данным.

Рассмотрим теоретическую часть еще одной лабораторной работы, посвященной транспортирующим устройствам, в частности, ***рассматривается винтовой конвейер***. В этой работе определяется подача конвейера теоретическим и экспериментальным способами на действующей лабораторной установке.

Что касается конструкции конвейера, то на описании устройства нет смысла останавливаться, поскольку здесь нет проблем с усвоением.

Следует обратить внимание на часто применяемое ошибочное название термина «**производительность**» для таких устройств как насосные, транспортирующие, компрессорные, вентиляторные и т.п. устройства. В связи с тем, что названные устройства не производят какую-то продукцию, при их характеристике следует применять термин «**подача**» (массовая или объемная), а не «производительность».

Есть особенности, присущие всем транспортирующим машинам, которые необходимо осознать и принять. Первая особенность касается транспортируемой массы груза и нагрузки от нее.

Масса груза считается равномерно распределенной по контуру транспортирования и характеризуется термином «погонная масса». (Погонный – измеряемый в длину, в линейных мерах). Погонная масса – это масса груза, содержащаяся на одном метре транспортирующей ветви машины. Погонная масса q груза измеряется в кг/м. Соответственно, нагрузка от погонной массы будет называться ***погонной нагрузкой, измеряется в Н/м***. Обращаем внимание на то, что все нагрузки в транспортирующих машинах, будут погонными (от груза, ведущего-несущего органа: цепи, ленты и т.п.) .

Если при расчетах участвует сосредоточенная нагрузка (от ящиков, деталей, роликоопор и т.п.), то ее также приводят к равномернораспределенной (делят вес изделия на расстояние между изделиями, роликоопорами и т.п.).

Вторая особенность относится к коэффициенту трения тяговых органов по направляющим. Это значение коэффициента является комбинированным, почему и называется «***обобщенным коэффициентом сопротивления***» для грузовой и холостой ветвей транспортирующей машины.

Например, для ленточного конвейера с опорными роликами, обобщенный коэффициент сопротивления для грузовой ветви будет равен

$$\boldsymbol{\omega_г = f' + \mu + \xi + \xi_г},$$

где f’- приведенный коэффициент трения скольжения в цапфе роликоопор; μ –коэффициент трения ленты о ролик;

ξ – коэффициент жесткости ремня;

$\xi_г$- коэффициент жесткости сыпучего груза.

В некоторых случаях комбинированное трение учитывается коэффициентом сопротивления перемещению. Сведения об обобщенном коэффициенте сопротивления берут из справочников (учебников) для конкретного транспортирующего устройства, следовательно, они отражают значения приближенно.

Еще одну существенную особенность транспортирующих машин необходимо иметь в виду, что подача груза в общем виде для всех машин определяется весьма просто. Так, при перемещении ленты с грузом погонной массы q (кг/м) со скоростью v движения (м/с) за одну секунду будет подача, равная qv (кг/с). Соответственно, за один час (3600 с) подача будет равна

$$П = 3600\, qv \quad \text{или} \quad \mathbf{П = 3{,}6\, qv}, \tag{3.11}$$

П- подача, т/ч;

q – погонная масса груза, кг/м;

v – скорость транспортирования, м/с.

Погонная масса груза определяется

$$\boldsymbol{q = F\, \gamma\, \psi},$$

здесь F –площадь сечения грузопотока, м^2;

γ – насыпная масса груза, кг/м^3;

ψ – коэффициент, учитывающий отклонение действительной геометрической фигуры сечения грузопотока от расчетной (коэффициент заполнения).

Из выражения (3.11) выводится формула подачи любой транспортирующей машины, в том числе и винтового конвейера.

Итак, подача винтового конвейера в т/ч определится формулой

$$\mathbf{П = 900\pi(D^2\text{-}d^2)\gamma\psi c v}, \qquad (3.12)$$

где D, d- диаметры, соответственно, шнека и вала шнека, м;

γ – насыпная масса груза, т/м^3;

ψ – коэффициент заполнения грузом межвиткового пространства;

c – коэффициент, учитывающий уменьшение подачи из-за наклона конвейера к горизонту;

v – скорость перемещения груза вдоль оси шнека, м/с.

Формула подачи винтового конвейера получена из выражения (3.11), погонная масса транспортируемого груза будет равна

$$q = F\gamma\psi = \pi/4(D^2\text{-}d^2)\gamma\psi, \text{ и подача составит}$$

$$\mathbf{П = 3{,}6\pi/4(D^2\text{-}d^2)\gamma\psi c v,}$$

Поскольку q имеет размерность кг/м, а насыпная масса груза, как правило, имеет размерность т/м^3, то с учетом этого подача будет равна

$$\mathbf{П}=3600/4\,\pi(D^2\text{-}d^2)\gamma\psi cv= \mathbf{900\pi(D^2\text{-}d^2)\gamma\psi c v.}$$

Следует обратить внимание на размерности составляющих формулы: диаметры **D** и **d** в **м**, насыпная масса груза $\boldsymbol{\gamma}$ в **т/м^3**, скорость транспортирования **v** в **м/с**, подача **П** в **т/ч**.

Проведем анализ формулы.

Числовые значения 900π не вызывают сомнений. Диаметры D шнека и d вала шнека измеряются штангенциркулем с точностью 0,1 мм, также достоверны и точны.

Насыпная масса груза определяется из справочных данных по характеристикам грузов, измеряется в т/м^3, для многих сельскохозяйственных культур насыпная масса зависит от влажности и отклонение колеблется в пределах 10%.

Можно точнее определить насыпную массу в условиях лаборатории. Для этой цели необходимо иметь какую-либо картонную или другую коробку, измерить ее внутренний объем, засыпать в нее транспортируемую культуру и взвесить. Полученную массу культуры в кг разделить на объем коробки в см^3, затем полученный результат перевести в размерность т/м^3.

Коэффициент ψ заполнения грузом межвиткового пространства определяется визуально. Определить коэффициент заполнения в процессе транспортирования груза не представляется возможным, поскольку зона транспортирования закрыта металлическим корпусом и непроницаема для глаз.

Коэффициент определяется при том же положении движка реостата и заслонки подачи культуры, что и при установке частоты вращения шнека, для этого останавливается конвейер после начала появления груза в выгрузном патрубке. Затем отодвигают верхнюю заслонку и замеряют заполнение каждой секции витка зерном, находят среднее значение заполнения.

Такой способ определения коэффициента заполнения не отражает реальное заполнение в процессе работы, дает весьма приближенный результат, но точнее определить не представляется возможным.

Коэффициент с учитывает уменьшение подачи из-за наклона конвейера к горизонту, берется из таблиц (при горизонтальном положении с=1), трудностей не создает, сомнений не вызывает.

Скорость v перемещения груза в м/с вдоль оси шнека определяется формулой

$$\mathbf{V = Snk_v/60},$$

где S – шаг шнека, м;

n – частота вращения вала шнека, мин$^{-1}$;

k_v –коэффициент, учитывающий проскальзывание груза, определяется,

$$\mathbf{k_v = \cos\alpha \cos(\alpha+\varphi)/\cos\varphi},$$

здесь α – угол подъема винтовой линии по наружной кромке шнека, равен $\boldsymbol{\alpha = \mathrm{arctg}\,(S/\pi D)}$**;**

φ –угол трения материала груза о материал поверхности шнека

($\boldsymbol{\varphi = \mathrm{arctg} f}$) – здесь f коэффициент трения груза по поверхности стали.

Как видно из вышеприведенного, скорость перемещения груза достаточно точно не может быть определена по причине того, что кроме значения шага S шнека (определяется штангенциркулем с точность 0,1 мм), параметры n и k_v не могут быть точно определены.

Частота n вращения вала шнека замеряется тахометром, у которого цена одного деления равна 10 мин$^{-1}$, кроме этого шнек вращается с неравномерной угловой скоростью (причина: неравномерная загрузка шнека грузом, недостаточная мощность двигателя).

В определении коэффициента k_v проскальзывания груза угол φ трения также не может точно определен по причине приближенного определения коэффициента трения f.

Таким образом, подводя итог анализу теоретической части, можно заключить следующее.

При определении подачи конвейера часть параметров определяется достаточно точно и достоверно. К ним относятся диаметры D шнека и d вала шнека, шаг S шнека, насыпная масса **γ** груза, если она определяется непосредственным взвешиванием определенного объема груза.

Другие параметры имеют приближенные значения. Сюда относится насыпная масса γ груза, если она выбирается по данным справочника; приближенно определяется коэффициент ψ заполнения грузом межвиткового пространства и коэффициент трения f груза по стали, следовательно, и угол φ трения.

Вывод – подача конвейера, определяемая теоретически по формуле (3.12), не является достоверной и точной, можно лишь говорить о ее точности порядка 90% с отклонениями в меньшую и большую стороны.

Пример по определению подачи винтового конвейера.

Параметры конвейера составляют: диаметр шнека D=0,085 м, диаметр вала d=0,02 м, шаг винтовой линии шнека S=0,011 м, частота вращения винта n=280 мин$^{-1}$, коэффициент заполнения межвиткового пространства ψ=0,18, насыпная масса транспортируемого груза γ=0,7 т/м^3.

Скорость транспортирования груза равна $V = SnK_v / 60$, здесь K_v- коэффициент, учитывающий проскальзывание груза, определяемый по выражению

$$K_v = \frac{\cos\alpha \cos(\alpha + \varphi)}{\cos\varphi},$$

где α=arctg(S/πD)=arctg (110/3,14·85)=arctg 0,42=22,8^0;

φ = arctg f = arctg0,58 = 30^0,

и коэффициент проскальзывания груза составит

K_v=cos22,8^0 cos(22,8^0+30^0)/cos30^0=0,920·0,604/0,866 = **0,642**.

Скорость транспортирования груза равна V=0,11·280·0,642/60=**0,329 м/с**.

Подача конвейера определится

П = 900·3,14(0,085^2-0,02^2) 0,7·0,18·1,0·0,329 = **0,797 т/ч.**

Это значение подачи, определенное по теоретической формуле следует считать приближенным. Анализ формулы подачи показал, что точно определяются только диаметры шнека (D) и вала (d), шаг S шнека, насыпная масса зерна, если она определяется непосредственно в аудитории. Приближенно определены: насыпная масса зерна, если значение взято из справочника, коэффициент трения груза по стали, угол трения, частота вращения шнека, коэффициент проскальзывания груза, коэффициент заполнения грузом межвиткового пространства.

Как следует из анализа, формула подачи винтового конвейера не отличается точностью, ибо большинство ее параметров не имеют точного, фиксированного значения, а оценены приближенно (по справочным и табличным данным).

3.2 Экспериментальная часть лабораторных работ

Вторая часть лабораторных работ включает экспериментальную проверку результатов, полученных в теоретической части работы.

Эта часть работы является важной в плане знакомства студентов с приемами и методами элементарной статистической обработки опытных данных. Дело в том, что на обработку результатов эксперимента студенты вообще не обращают внимание, проводят замеры и вычисления на бытовом уровне и вообще не знакомы с элементарными знаниями в этой области.

Хотя вопросами статистической обработки результатов наблюдений посвящена многочисленная и практически необозримая литература[11, 12].

Следует отметить и то, что ни одно научное исследование не обходится без обработки результатов экспериментов.

По этой причине считаем необходимым изложить основные положения по проведению эксперимента в лабораторных работах и не только, это будет полезно и молодым ученым.

Экспериментальная часть включает проведение исследований с получением и записью информации и количественная статистическая обработка результатов наблюдений.

Итак, основная информация, с которой студенты имеют дело в экспериментальной проверке или в поисковых экспериментах – это результаты наблюдений, т.е. числовые значения величин. Эти результаты наблюдений далее являются исходным материалом для всех методов анализа и обработки результатов эксперимента, всех последующих выводов и заключений.

Одной из грубейших ошибок в студенческих работах является отсутствие записей всех замеров в отчетах и отсутствие какой-либо системности. Порой не могут ответить на вопрос, откуда в формуле записана та или иная цифра.

Поэтому первым и важным считаем обратить внимание студентов на ведение записей в рабочих журналах, тетрадях. Советуем придерживаться следующих «полезных правил».

- ***Записывайте все наблюдения, не заменяйте их скоропалительными выводами.***

- ***Необходимо писать разборчиво и четко все цифровые значения наблюдений.***

- ***Записывайте результаты наблюдений сразу же после того, как они сделаны, не откладывая запись на потом.***

- ***Не записывайте результаты на клочках бумаги, которые могут быть легко потеряны.***

Рабочий журнал - это основной первичный документ не только лабораторной работы, но и любой научно-исследовательской работы. Поэтому в журнале, как и вообще в последующих документах, ничего не вычеркивают и не стирают. Первичные данные никогда не исправляют. Если есть сомнение, все измеряют и записывают заново.

Все расчеты должны быть доступны для перепроверки, все промежуточные результаты записывают сразу в журнале, без черновиков.

Теперь обратим внимание на некоторые термины, которыми часто пользуются и произносят, но практически студенты не знают их смысл. Здесь имеется в виду то, что применяется при обработке наблюдений.

Цифра – символ обозначения натурального числа.

Арабские цифры – символы 0,1,2,…8,9, с помощью которых можно записать любое натуральное число.

Римские цифры – символы 1,V,X,L,C,D,M, соответствующие числам 1,5,10,50,100,500,1000, с помощью которых, используя повторения и определенные позиционные правила, записываются натуральные числа в римской нумерации.

Число – понятие математики, количества, величина, при помощи которой производится счет. Содержание понятия менялось в разные исторические эпохи. Возникло в древнейшие времена первоначально в виде натурального числа, как результат счета предметов.

В настоящее время число имеет широкий охват понятий, назовем основные из них.

Алгебраическое число, являющееся корнем некоторого многочлена с рациональными коэффициентами и старшим коэффициентом неравным нулю.

Рациональное число, равное отношению двух целых чисел, из которых второе не равно нулю.

Вещественное число, то же самое действительное - конечная или бесконечная десятичная дробь со знаком «+» или «-».

Натуральное число – результат счета конечного количества предметов.

Простое число – натуральное число $p>1$, натуральными делителями которого являются только два числа: 1 и р.

Составное число - натуральное число, имеющее натуральный делитель, отличный от него самого и от единицы.

Совершенное число, целое положительное число, равное сумме всех своих делителей, отличных от него самого, пример 28=1+2+4+7+14.

Комплексное число- сумма вида **а+бі**, где **а,б**- действительные числа, I –мнимая единица.

Чисто мнимое число- комплексное число, действительная часть которого равна нулю.

Иррациональное число – действительное число, не являющееся рациональным.

Трансцендентное число, не являющееся алгебраическим, к таким числам относятся: число е (неперово)- есть предел выражения $\mathbf{(1+1/n)^n}$ при $\mathbf{n\to\infty}$**,** приближенно равно 2,718281828459…, является основанием натуральных логарифмов; число π- равное отношению длины окружности к длине его диаметра, приближенно равно 3,141592653590….

Трансфинитное число - порядковое число бесконечного множества.

Целое число - натуральное число или отрицательное натуральное число, или нуль.

Четное число - целое число, кратное 2.

Нечетное число - число, не делящееся без остатка на 2.

Положительное, отрицательное число - действительное число, соответственно, большее нуля, меньшее нуля.

Дробное число, состоящее из одной или нескольких равных долей единицы.

Правильной записью числа является такая запись, при которой все цифры являются ***значащими***. ***Значащими*** являются все цифры, кроме нулей спереди, показывающих положение запятой, и нулей в конце числа, если они поставлены тоже для обозначения разрядов вместо неизвестных цифр.

Неправильная запись – использование нулей в конце числа для замены неизвестных цифр.

Пример: σ=150000 Н/м^2 – запись неправильная, так как невозможно выяснить, сколько нулей обозначают разряды, а сколько означают отсутствие единиц. В зависимости от погрешности измерения (определения) необходимо писать: σ=150·10^3 Н/м^2, или 15,0·10^4 Н/м^2 или 15·10^4 Н/м^2.

Существенно, что запись числа в форме 15·10^4 Н/м^2 (значение задано с погрешностью около ±0,5·10^4), здесь две значащие цифры (15), отличается от числа 150·10^3 Н/м^2 (значение задано также с погрешностью ±0,5·10^3), здесь три значащих цифры (150).

Погрешность в процентах у первого типа записи с двумя значащими цифрами будет ±3%, а у второго типа с тремя значащими цифрами погрешность равна ±0,3%, как видно из примера различие весьма существенное.

Приведем примеры на число значащих цифр при правильной записи чисел: 6,5·10^5- две значащих цифры; 13,034 – пять значащих цифр; 13,62 - четыре значащих цифры.

При неправильной записи или при отсутствии дополнительных пояснений определить число значащих цифр бывает сложно, а иногда и невозможно.

В вычислениях используются ***точные и приближенные числа***. Для обозначения точных чисел добавляют слово «точно», которое пишут сразу после числа в скобках, например, 1ч=3600с (точно).

Часто дополнительных указаний не дают, и характер числа приходится определять по смыслу.

К точным значениям, в частности, относятся: значения переводных множителей (1м=1000 мм, 1т=1000 кг); условные значения величин (абсолютный нуль температуры -273,15^{0}С); коэффициенты и показатели степени в формулах; результаты счета предметов и т.п.

Приближенное числовое значение получается при округлении какого-либо точного числа, все результаты измерений различных физических, химических, механических и других подобных величин.

Округлением числа называют уменьшение количества цифр путем отбрасывания одной или нескольких последних цифр. Правила округления: если первая отбрасываемая цифра больше или равна 5, то последнюю оставленную цифру увеличивают на единицу, если же первая отбрасываемая цифра меньше 5, то последнюю оставляемую цифру не изменяют. Отброшенные цифры нельзя заменять нулями, так как это приводит к неясности в отношении количества верных цифр в числе и лишает возможности оценивать погрешность числа.

К приближенным значениям относятся также табличные значения математических (корней, логарифмов и т.п.) и физических величин (плотность, температура плавления, кипения и т.п.).

Погрешностью приближенного числа называют разность между точным и приближенным значениями. Погрешность приближенного числа снабжают знаком «±».

В математических таблицах и хорошо изученных физических явлений приближенные числа пишут так, чтобы все значащие цифры были ***верными***.

Верными называют все значащие цифры приближенного значения числа, абсолютная погрешность которого не превышает единицы последнего разряда.

Приближенные значения чисел, полученных в результате измерения или вычисления, надо записывать так, чтобы все цифры были верными.

Пример: плотность воды при 4^{0}С равна 1000 кг/м^3, 1000 – приближенное число с четырьмя значащими цифрами, если это результат измерения. Это же число является точным, если его рассматривать как установленную единицу измерения плотности. Постоянная Авогадро $6{,}02\cdot10^{23}$моль$^{-1}$-приближенное число с тремя значащими и тремя верными цифрами.

Для определения погрешности результата наблюдений и измерений (а не вычислений) служат методы статистического анализа, основанные на определении из экспериментальных данных средней квадратической погрешности.

3.2.1 Количественный статистический анализ

Количественная статистическая обработка и анализ результатов наблюдения производится для решения следующих вопросов: замены исходных многочисленных данных несколькими (обычно двумя- тремя) величинами, которые могут достаточно надежно отразить исходную информацию; получения количественных характеристик надежности данных; решение вопросов, связанных с определением необходимого количества наблюдений (опытов); выявления объективных закономерностей при сравнении различных наблюдений.

Любое экспериментальное исследование может практически считаться законченным только тогда, когда результаты наблюдений прошли статистическую обработку, материалы представлены компактно и выразительно.

Этап количественной статистической обработки может быть также назван подтверждающим анализом результатов наблюдений, а также подтверждать то, что было определено теоретическим способом. Можно считать, что надежность, достоверность результатов экспериментов может быть определена объективно и количественно.

Однако необходимо отметить, что никакие методы статистического анализа результатов наблюдений не могут обезопасить от систематических погрешностей, которые не могут быть выявлены и устранены при статистической обработке. Считается, что эти погрешности не будут существенно влиять на конечные результаты экспериментов.

Кратко о некоторых терминах и понятиях[13].

Экспериментальные операции, в результате которых находят единичные значения физической величины, называются наблюдениями.

Результаты наблюдений обычно обозначаются строчной буквой x с индексом, указывающим на порядковый номер наблюдений (например, результаты трех наблюдений: x_1, x_2, x_3).

Измерением называется нахождение значения физической величины опытным путем с помощью специальных средств. Результат измерений практически всегда основывается на результатах нескольких наблюдений, и в качестве результата измерения принимают среднее арифметическое результатов наблюдений.

Погрешность измерения - это отклонение результата измерения от истинного значения измеряемой величины.

Поскольку истинное значение измеряемой величины всегда остается неизвестным, на практике имеют дело лишь с приближенной оценкой погрешности измерения.

Систематическая погрешность измерения - это составляющая погрешности измерения, остающаяся постоянной или закономерно изменяющейся при повторных измерениях одной и той же величины.

Источником систематической погрешности могут быть ошибочность или допущенные упрощения при проведении измерений. Иногда на эти погрешности влияют индивидуальные особенности наблюдателя (запаздывание или опережение при регистрации сигналов, неправильный отсчет десятых долей деления шкалы и т.п.).

Грубая погрешность измерения - это погрешность измерения, существенно превышающая ожидаемую при данных условиях погрешность.

Точность измерения – это качество измерения, отражающее близость их результатов к истинному значению измеряемой величины. Высокая точность измерения соответствует малым погрешностям всех видов, как систематических, так и случайных.

Воспроизводимость измерений – это качество измерений, отражающее близость друг к другу результатов измерений, выполняемых в различных условиях (в различное время, в различных местах) по данной методике.

Воспроизводимость характеризуется относительным средним квадратичным отклонением.

Случайная погрешность измерения - это составляющая погрешности измерения, изменяющаяся случайным образом при повторных измерениях одной и той же величины.

Источником случайных погрешностей могут быть неконтролируемые изменения параметров эксперимента в сложной системе, неконтролируемые изменения внешней среды (температура, влажность и т.п.), неоднородность материалов, психологические особенности человека.

Случайные погрешности не устранимы из опытных данных, но они могут быть выявлены и оценены количественно при математической обработке.

Деление погрешностей на систематические и случайные часто является относительным.

Случайная погрешность измерения выявляется при повторении измерении в одинаковых условиях. Если каждое измерение дает несколько отличающихся друг от друга измерений результат, это означает, что случайные погрешности имеют измеримую величину.

С метрологической точки зрения точность (чувствительность) измерительного средства при правильных измерениях должна не менее чем в 6 раз превосходить возможный диапазон случайных погрешностей.

Пример: номинальный диаметр образцов составляет $11{,}52^{-0{,}08}$ мм. Какой измерительный инструмент необходимо использовать при измерении диаметров образцов?

Поле допуска (диапазон случайных вариаций диаметра) составляет 80 мкм. Максимальная цена деления измерительного инструмента должна составлять 80/6=13 мкм, следовательно, может быть применен винтовой микрометр с ценой деления 0,01 мм.

Закономерности частоты появления отдельных случайных результатов описываются законами распределения. В практике чаще всего встречаются ***нормальное распределение по закону Гаусса, распределение Пуассона, биноминальное распределение, логарифмически нормальное распределение.***

Установлено, что для многих наблюдений распределение отдельных полученных результатов по отношению к среднему значению измеряемой величины характеризуется законом нормального распределения ошибок (законом Гаусса).

Параметрами, которые полностью определяют статистические закономерности результатов наблюдений (подчиняющихся закону нормального распределения), ***являются среднее арифметическое и среднее квадратическое отклонения.***

В общем случае, при статистической обработке группы результатов наблюдений в соответсвиии с ГОСТ 8.207-76 следует выполнить следующие операции.

- Вычислить среднее арифметическое результатов наблюдений, принимаемых за результат измерения.

- Вычислить оценку среднего квадратического отклонения результатов наблюдения.

- Вычислить оценку среднего квадратического отклонения результатов измерения.

- Вычислить погрешность результата измерения и определить доверительные границы измерения.

- Вычислить процент ошибки точности измерений.

Среднее арифметическое значение результатов наблюдений является наилучшей оценкой максимально приближенного к истинному значению результата, включая все неисключенные систематические ошибки.

Среднее арифметическое $\bar{x}$ из n параллельных значений x_1, x_2,…x_n определяется

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + ... + x_n}{n} \tag{3.13}$$

Среднее квадратическое отклонение результата наблюдения – это параметр функции распределения результатов наблюдений, характеризующий их рассеивание.

Среднее квадратическое отклонение σ выражается в тех же единицах, что и сами результаты наблюдений. В интервале $\bar{x}+\sigma$ и $\bar{x}-\sigma$ должно входить не менее 68% всех отдельных наблюдений.

Среднее квадратическое отклонение результата наблюдений определяется по формуле

$$\sigma = \sqrt{\frac{(x_1-\bar{x})^2+(x_2-\bar{x})^2+\ldots+(x_n-\bar{x})^2}{n-1}}, \qquad (3.14)$$

где $x_1 \ldots x_n$ – порядковые результаты отдельных наблюдений;

$\bar{x}$ - среднее арифметическое значение результатов наблюдений;

n – количество наблюдений.

Среднее квадратическое отклонение результата измерения – это мера неопределенности возможной случайной погрешности одного измерения.

Измерение – это нахождение значения физической величины опытным путем. Практически не бывает случаев, когда это значение находят при однократном определении. Всегда измерения повторяются несколько раз, из них находят среднее арифметическое, принимаемое за результат измерения.

Среднее квадратическое отклонение $\sigma_{(\bar{x})}$ ***результата измерения*** определяется по формуле

$$\sigma_{(\bar{x})} = \sqrt{\frac{(x_1-\bar{x})^2+(x_2-\bar{x})^2+\ldots+(x_n-\bar{x})^2}{n(n-1)}}. \qquad (3.15)$$

Или, если известно σ (см. формулу 3.14), то

$$\sigma_{(\bar{x})} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}. \qquad (3.16)$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерения измеряется в тех же единицах, что и переменная x.

Формула (3.16) отражает закономерность уменьшения неопределенности, повышения точности получаемого результата при увеличении числа параллельных наблюдений (увеличения объема выборки).

Показатель ошибки точности опыта в процентах определяется

$$p = \frac{100\sigma_{(\bar{x})}}{\bar{x}}, \qquad (3.17)$$

где $\sigma_{(\bar{x})}$ – среднее квадратическое отклонение результата измерения;

$\bar{x}$ - среднее арифметическое значение измерений.

Если подсчитанное по выражению (3.17) значение показателя точности слишком большое и не удовлетворяет потребителя, то его можно уменьшить увеличением числа измерений, которое можно определить по формуле

$$n \geq \left(\frac{v}{p'}\right)^2, \qquad (3.18)$$

где v –коэффициент вариации;

p’ – необходимая (требуемая) точность измерения.

Коэффициент вариации v определяется формулой

$$v = \frac{100\sigma}{\bar{x}}, \qquad (3.18а)$$

где σ –среднее квадратическое отклонение результата наблюдений;

$\bar{x}$ -среднее арифметическое значение измерений.

Необходимое количество измерений (опытов) можно определить предварительно перед проведением эксперимента по данным таблицы 1 [5].

В таблице 1 указана вероятность α, какой смысл она имеет?

Так как числовые значения всех характеристик и параметров, которые определяются при статистическом анализе, не имеют точных значений, то все они имеют вероятностный характер.

Таблица 1 – Необходимое количество повторностей опытов

Предельная ошибка в долях σ	Доверительная вероятность, α					
	0,7	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
3,0	1	1	2	3	4	5
2,0	1	2	3	4	5	7
1,0	3	4	5	7	11	17
0,5	6	9	13	18	31	50
0,4	8	12	19	27	46	74
0,3	13	20	32	46	78	127
0,2	29	43	70	99	171	277
0,1	169	266	273	387	668	1089

Доверительная вероятность – это величина, которой определяется степень надежности полученных результатов. Доверительная вероятность выражается числом от 0 до 1 (реже в процентах от 0 до 100) и показывает вероятность того, что действительное значение исследуемой переменной будет лежать в принятом (указанном) диапазоне.

Величиной, связанной с доверительной вероятностью, является уровень значимости отклонений (выхода) за принятые границы (1 – α = р). Доверительная вероятность или уровень значимости отклонений должна задаваться исследователем в соответствии с требуемым уровнем надежности результатов. Чем более ответственны результаты, тем более высокую доверительную вероятность надо применить. Но, как видно из таблицы 1, более высокая доверительная вероятность обеспечивается при значительно большом количестве повторностей (доходящей до 1000 и более).

Доверительные границы измерения симметричны и находят их по формуле

$$x = \bar{x} \pm \varepsilon, \qquad (3.19)$$

где $\bar{x}$ -среднее арифметическое значение измерений;

ε- погрешность результата измерения.

Погрешность результата измерения определяется по формуле

$$\varepsilon = \frac{t_{\alpha n}\sigma}{\sqrt{n}} = t_{\alpha n}\sigma_{(\bar{x})}, \qquad (3.20)$$

где $t_{\alpha n}$- коэффициент, определяемый по таблице 2 по принятому значению доверительной вероятности α и по количеству n наблюдений (повторов).

Таблица 2 - Значение коэффициента $t_{\alpha n}$ (Распределение Стьюдента)

Количество наблюдений (опытов)	Доверительная вероятность, α				
	0,8	0,9	0,95	0,99	0,999
2	3,1	6,3	12,7	63,7	637,0
3	1,9	2,9	4,3	9,9	31,6
4	1,6	2,4	3,2	5,8	12,9
5	1,5	2,1	2,8	4,6	8,6
6	1,5	2,0	2,6	4,0	6,9
7	1,4	1,9	2,4	3,7	6,0
8	1,4	1,9	2,4	3,5	5,4
9	1,4	1,9	2,3	3,4	5,0

Как видно из выражения (3.20), погрешность **ε** результата измерения зависит от среднего квадратического отклонения **σ** результата наблюдения, количества наблюдений **n** и коэффициента $\mathbf{t_{\alpha n}}$, зависящего от доверительной вероятности **α** и количества наблюдений **n** или то же самое от коэффициента $\mathbf{t_{\alpha n}}$ и среднего квадратического отклонения $\boldsymbol{\sigma}_{(\bar{x})}$ результата измерения.

Есть упрощенная формула для определения погрешности результата ε измерений, и не требующая информации из таблиц и других показателей, это формула Питерса [6],

$$\varepsilon \cong 1,25\frac{\sum(x-\bar{x})}{n-0,5}, \tag{3.21}$$

где $\sum(x-\bar{x})$ - сумма n остатков, взятых без учета их знака;

n – количество измерений.

Пример. При измерении диаметра каната полиспаста получены следующие значения: 5,9; 5,8; 6,0; 6,1; 5,8 мм. Необходимо найти результат измерений, его погрешность и процент ошибки.

Среднее арифметическое значение измерений определяется по формуле (3.13)

$\bar{x}$ = (5,9+5,8+6,0+6,1+5,8) / 5 = 29,6 / 5 = 5,92 мм.

Среднее квадратическое отклонение результата наблюдений определится по выражению (3.14),

$$\sigma=\sqrt{\frac{(5,9-5,92)^2+(5,8-5,92)^2+(6,0-5,92)^2+(6,1-5,92)^2+95,8-5,92)^2}{5-1}}=0,1162 \text{ мм.}$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерения определяется по выражению (3.16)

$$\sigma_{(\bar{x})}=0,1162/\sqrt{5}=0,052 \text{ мм.}$$

Погрешность ε измерения находится по формуле (3.20) $\varepsilon=\dfrac{t_{\alpha n}\sigma}{\sqrt{n}}=t_{\alpha n}\sigma_{(\bar{x})}$, для чего принимается доверительная вероятность α=0,95 и для количества наблюдений, в нашем случае 5, коэффициент определяется по таблице 2 и $t_{\alpha n}$=2,8. Тогда погрешность будет равна

ε = 2,8·0,052 = 0,1455 мм.

Результат измерения будет иметь значение (по выражению (3.19))

d = (5,92 ± 0,1455) мм (***для α=0,95***) .

Результат следует читать так: среднее арифметическое значение диаметра каната с вероятностью 0,95 не выйдет за пределы от 5,92-0,1455 = **5,7745** мм до 5,92+0,1455 = **6,0655** мм или **от 5,77 до 6,07** мм.

Процент ошибки точности замера определится формулой (3.17)

p=100·0,052/5,92= 0,87 %≈1 % .

Показатель процента ошибки точности измерений составляет 1%, что достаточно точно для данного диаметра каната.

Вот в такой форме необходимо производить измерения тех или иных величин в лабораторных работах по деталям машин, и не только, а и в других дисциплинах.

3.2.2 Экспериментальная проверка

Вторая составляющая работы включает экспериментальную часть по определению параметра, определенного прежде в теоретической части.

Естественно, прежде необходимо ознакомиться с конструкцией установки, изучить ее особенности и освоить последовательность проведения тех или иных измерений. Эта часть работы связана со многими измерениями, их статистической обработкой, анализом полученных результатов, является важной, существенной и неотъемлемой частью всей работы.

Существенной ошибкой при выполнении лабораторных работ – это пренебрежительное отношение к измерениям, весьма часто студенты выполняют только однократное измерение, не подозревая, что единственное измерение может быть далеким от истины, грубым и будет давать в окончательном результате не объективную оценку исследуемого параметра.

По этой причине необходимо помнить и соблюдать правило о повторности измерений (опытов): необходимое количество измерений (опытов) определяется по доверительной вероятности α и предельной ошибки в долях среднего квадратического отклонения σ результата наблюдений по таблице 1.

Например, при доверительной вероятности α=0,9 и предельной ошибки в долях σ=1, число повторностей будет равно 5; при α=0,95 и той же ошибке, число опытов равно 7, а при α=0,99, число опытов равняется 11.

Для лабораторных работ по деталям машин ***число повторных измерения (опытов) должно быть не менее 5.***

Если в результате обработки результатов измерений, показатель точности окажется большим, то число измерений можно определить по выражению (3.18).

Следует напомнить, что все действия с измерениями необходимо проводить с учетом изложенного в предыдущем разделе (п.3.2.1).

В качестве примера, рассмотрим экспериментальное определение тех параметров, которые были рассмотрены в теоретическом разделе, начнем с определения **коэффициента скольжения в ременной передаче**.

Отметим, что предварительное натяжение F_0 ремня было определено в теоретической части, для чего необходимо было подвесить к натяжному устройству груз массой 4,7 кг, тогда натяжение F_0 в ремне будет равно 115,26 Н. В эксперименте следует обеспечить указанное в теоретической части натяжение подвешиванием груза массой 4,7 кг. Этим соблюдается равные значения предварительного натяжения, как в теоретической, так и в экспериментальной частях.

Затем ослабляется тормоз ведомого шкива до свободного вращения ременной передачи, т.е. ременная передача работает без передачи нагрузочного крутящего момента. Устанавливается стрелка индикатора крутящего момента на ведущем шкиве на нуль.

Устанавливаются (сбрасываются) счетчики частоты вращения шкивов на нуль, включаются электродвигатель установки и счетчики частоты вращения шкивов, затем после достижения 200…300 мин$^{-1}$ счетчики выключаются и записываются показания частоты вращения ведущего и ведомого шкивов. При отсутствии нагрузки показания будут одинаковые, следовательно, коэффициент скольжения будет равен нулю.

Затем производится нагружение передачи посредством тормоза на ведомом валу шкива, одновременно фиксируется значение частоты вращения шкивов, показания индикаторов моментов на ведущем и ведомом шкивах. Ступенчатое нагружение производят до начала буксования ременной передачи. Все ступенчатые замеры здесь не приводятся, показаны для примера только два нагружения и подсчет ведется только для коэффициента скольжения и коэффициента тяги.

Замеры частоты вращения шкивов (первое число $n_д$-двигателя, второе $n_в$-ведомого шкивов): 250-249, 275-274, 300-298, 280-279, 350-348 мин$^{-1}$.

Относительный коэффициент скольжения определится формулой

$\varepsilon = \left(1 - \frac{n_в}{n_д}\right) 100\%$, подсчет дал следующие результаты, в %:0,4; 0,4; 0,7; 0,4; 0,6.

Среднее арифметическое значение относительного коэффициента скольжения равно: $\bar{\varepsilon}$ =(0,4+0,4+0,7+0,4+0,6) / 5 = 0,5 %.

Среднее квадратическое отклонение результата наблюдений определяется по выражению(3,14)

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0,4-0,5)^2 + (0,4-0,5)^2 + (0,7-0,5)^2 + (0,4-0,5)^2 + (0,6-0,5)^2}{5-1}} = \sqrt{0,02} = 0,1414\%$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерения коэффициента скольжения определится по выражению (3.16)

$$\sigma_\varepsilon = 0,1414/\sqrt{5} = 0,0632\%.$$

Погрешность измерения ε определяется по формуле (3.20), для доверительной вероятности α=0,95 и для количества опытов 5, коэффициент $t_{\alpha n}$=2,8 (по таблице 2) и составит $\varepsilon = t_{\alpha n} \cdot \sigma_\varepsilon = 2,8 \cdot 0,0632 = 0,1770$ %.

Результат измерения будет иметь значение **ε = (0,5 ± 0,177) %** (для α=0,95).

Процент ошибки точности замеров относительного коэффициента скольжения определится по формуле (3.17)

$$p=\frac{100\sigma_\varepsilon}{\bar{\varepsilon}}=\frac{100\cdot 0{,}0632}{0{,}5}=12{,}64\%$$

Как видно из подсчета, процент ошибки измерения относительного коэффициента скольжения достаточно большой.

Замеры крутящего момента на ведущем шкиве производятся по показаниям индикатора, фиксирующего давления корпуса электродвигателя на пластину (показания индикатора в мм): 0,075; 0,078; 0,082; 0,079; 0,080.

Среднее арифметическое значение составит

$\bar{\lambda}$ = (0,075+ 0,078+ 0,082+ 0,079+ 0,080)/5=0,0788 мм.

Среднее квадратическое отклонение результата наблюдений составит

$$\sigma=\sqrt{\frac{(0{,}075-0{,}0788)^2+(0{,}078-0{,}0788)^2+(0{,}082-0{,}0788)^2+(0{,}079-0{,}0788)^2+(0{,}80-0{,}0788)^2}{5-1}}=0{,}0027 \text{ мм.}$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерения равно

$$\sigma_\lambda=\frac{\sigma}{\sqrt{n}}=\frac{0{,}027}{\sqrt{5}}=0{,}0012 \text{ мм.}$$

Погрешность измерений ε определится по формуле (3.20), для доверительной вероятности α=0,95 и для количества опытов 5, коэффициент $t_{\alpha n}$ определяется по таблице 2 и будет равен 2,8; погрешность составит

$$\varepsilon=t_{\alpha n}\sigma_\lambda=2{,}8\cdot 0{,}0012=0{,}0034 \text{ мм.}$$

Результат измерения будет иметь значение (по выражению 3,19)

λ= $\bar{\lambda}$ ± ε =(0,0788 ± 0.0034) мм. Это в показаниях стрелки индикатора. Для перевода показаний стрелки индикатора крутящего момента в Нм показания индикатора необходимо умножить на тарировочное значение коэффициента $К_д$=9,6.

$М_д$=9,6 (0,0788 ± 0,0034) = (0,756 ± 0,0326) Нм.

Процент ошибки точности замеров момента на ведущем шкиве определится по формуле (3.17)

$$p=\frac{100\sigma_\lambda}{\bar{\lambda}}=\frac{100\cdot 0{,}0012\cdot 9{,}6}{0{,}0788\cdot 9{,}6}=15{,}2\%$$

Коэффициент тяги определится по выражению $f=\frac{M_Д}{DF_0}$,

где $М_А$ –крутящий момент на ведущем шкиве (двигателе), Нм;

D – диаметр ведущего шкива, м;

F_0- сила предварительного натяжения, Н.

f_1 = (0,756-0,0326)/(0,125·115,26) = **0,0502**, нижнее значение.

f_2 = (0,756+0,0326)/(0,125·115,26) = **0,0547**, верхнее значение.

Коэффициент тяги находится в пределах **0,0502…0,0547**.

Второе нагружение ременной передачи тормозом.

Замеры частоты вращения ведущего и ведомого шкивов: 250-248; 280-277; 260-257; 270-267; 300-298 (первая цифра-частота вращения ведущего (двигателя), вторая- ведомого (тормоза) шкивов).

Относительный коэффициент скольжения определяется по выражению $\varepsilon = \left(1 - \frac{n_в}{n_д}\right)100\%$ и составляет: 0,8; 1,07; 0,76; 1,1; 0,67 %.

Среднее арифметическое значение относительного коэффициента скольжения $\bar{x}$ = (0.8+1,07+0,76+1,1+0,67)/5 = 0,88%.

Среднее квадратическое отклонение результата наблюдений

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0,8--0,88)^2 + (1,07-0,88)^2 + (0,76-0,88)^2 + (1,1-0,88)^2 + (0,67-0,88)^2}{5-1}} = 0,193\%.$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерения

$$\sigma_{\bar{o}} = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,1933}{\sqrt{5}} = \frac{0,1933}{2,236} = 0,086\%.$$

Погрешность измерения наблюдений при α=0,95, 5 опытов и $t_{\alpha n}$=2,8 (таблица 2) составит ξ = 2,8·σ_x = 2,8·0,086 = 0,24 %.

Результат измерения будет иметь значение

ε = $\bar{x}$ ± ξ = (0,88 ± 0,24) %.

Процент ошибки точности замеров относительного коэффициента скольжения составит

$$p = \frac{100\sigma_x}{\bar{x}} = \frac{100 \cdot 0,086}{0,88} = 9,77\%$$

Показания индикатора фиксации крутящего момента ведущего шкива: 0,125; 0,135; 0,120; 0,130; 0,132 мм.

Среднее арифметическое значение показаний индикатора равно

$\bar{\lambda}$ = (0,125+0,135+0,120+0,130+1,132)/5=0,1284 мм.

Среднее квадратическое отклонение наблюдений составит

$$\sigma = \sqrt{\frac{(0,125-0,1284)^2 + (0,135-0,1284)^2 + (0,120-0,1284)^2 + (0,130-0,1284)^2 + (0,132-0,1284)^2}{5-1}} = 0,0059 \text{ мм.}$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерения составит

$$\sigma_\lambda = \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \frac{0,0059}{2,236} = 0,0026 \text{ мм.}$$

Погрешность измерения для доверительной вероятности α=0,95 и 5 опытов при коэффициенте $t_{\alpha n}$=2,8 равно

ε= $t_{\alpha n}\sigma_\lambda$=2,8·0,0026= 0,0073 мм.

Результат измерения в показаниях индикатора равен

λ = $\bar{\lambda}$ ± ε = (0,1284 ± 0,0073) мм.

Значение крутящего момента на ведущем шкиве в Нм определится умножением показаний индикатора на тарировочный коэффициент $К_д$=9,6,т.е.

$М_д$ = 9,6(0,1284 ± 0,0073) = (1,2326 ± 0,07) Нм.

Процент ошибки точности замеров момента составит (формула 3.17)

$$p = \frac{100\sigma_\lambda}{\bar{\lambda}} = \frac{100 \cdot 0{,}0026 \cdot 9{,}6}{0{,}1284 \cdot 9{,}6} = \frac{2{,}4960}{1{,}2326} = 2{,}02\%$$

Коэффициент тяги определится по выражению $f = \frac{M_Ä}{DF_0}$ и составит:

f_1 = (1,2326-0,07) / (0,125·115,26) = 0,08, нижнее значение

f_2 = (1,2326+0,07) / (0,125·115,26) = 0,09, верхнее значение.

Здесь, в примерах, показано только два нагружения ременной передачи, в действительности необходимо делать число нагружений до пяти. Обработка результатов опытов должна проводиться по тому же принципу, что и в рассмотренных примерах.

По результатам экспериментально проделанных опытов можно отметить следующее.

-Упругое скольжение в ременной передаче существенно зависит от нагружаемого момента на ведомом шкиву передачи. При этом, чем больше момент, тем больше скольжение. При некотором моменте наступает буксование в ременной передаче и она становится неработоспособной, это состояние недопустимо.

- График зависимости коэффициента упругого скольжения от коэффициента тяги представляет прямую линию до наступления частичного буксования, в зоне частичного буксования зависимость криволинейная.

- Процент ошибки точности замеров относительного коэффициента скольжения составляет от 10 до 13%, а момента на ведущем шкиве от 2 до 15%.

-Степень загруженности передачи характеризуется коэффициентом тяги, по которому судят о том, какая часть предварительного натяжения ремня используется полезно для передачи нагрузки.

Для увеличения передаваемой нагрузки следует увеличить величину предварительного натяжения, но чрезмерное увеличение натяжения увеличивает давление на подшипники валов и существенно снижается долговечность ремня.

Общий вывод.

- Теоретическое относительное скольжение, определенное по разности относительных удлинений ведущей и ведомой ветвей, соответствует одному какому-то значению усилий в ведущей и ведомой ветвях при принятом предварительном натяжении ремня. Следовательно, по этим данным определяется относительное скольжение только для принятых значений параметров. Теоретически определить относительное скольжение при ступенчатом нагружении ременной передаче не представляется возможным, поскольку определить относительное удлинение ведущей и ведомой ветвей в условиях лаборатории невозможно.

Таким образом, теоретическая часть данной работы в определении относительного коэффициента скольжения представлена узко и слабовато и является примером того, что не всегда теоретически можно определить те или иные параметры с желаемыми результатами.

- В случае с ременной передачей основные ее характеристики (КПД, относительное скольжение, коэффициент тяги) определяются экспериментальными исследованиями, процент ошибок точности которых доходит до 15%.

Экспериментальное определение КПД ручной тали.

КПД ручной тали определяется достаточно просто. На крюк подвески подвешивается груз, состоящий из нескольких дисков (на каждом диске указана его масса), к массе груза прибавляется масса подвесного кронштейна (1,2 кг). Определяется вес полезного груза как G=mg=579,77 Н.

Далее к приводной цепи присоединяется динамометр и поднимают груз без ускорения. Замеряют показания динамометра S, высоту h подъема груза и расстояние h_1 опускания приводной цепи.

КПД тали определяется отношением полезной работы к затраченной, т.е.

$$\eta = mgh/Sh_1.$$

Замеры высоты h подъема груза составили, в мм:6,0; 6,2; 6,3; 6,2; 6,3.

Среднее значение высоты равно h_c=(6,0+6,2+6,3+6,2+6,3)/5 = **6,2**.

Среднее квадратическое отклонение результата наблюдений, м

$$\sigma = \sqrt{\left[(6{,}0-6{,}2)^2+(6{,}2-6{,}2)^2+(6{,}3-6{,}2)^2+(6{,}2-6{,}2)^2+(6{,}3-6{,}2)^2\right]/5-1} = 0{,}122 \text{ мм}$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерений h составит

$$\sigma_h = \sigma/\sqrt{n} = 0{,}122/\sqrt{5} = 0{,}122/2{,}236 = 0{,}055 \text{ мм.}$$

Определяется погрешность измерения h по формуле (3.20), для доверительной вероятности α=0,95 и количества опытов 5, коэффициент $t_{\alpha n}$ (определятся по таблице 2) равен 2,8 и $\varepsilon = t_{\alpha n}\sigma_h = 2{,}8\cdot 0{,}055 = 0{,}154$ мм.

Результат измерения будет иметь значение (выражение 3,19)

$$h = h_{ср} \pm \varepsilon = (\mathbf{6{,}2 \pm 0{,}154}) \text{ мм.}$$

Процент ошибки точности замеров расстояния h определится по формуле (3.17)

$$p = 100\sigma_h / h_{ср} = 100\cdot 0{,}055/6{,}2 = 0{,}88\ \% = \mathbf{1}\ \%.$$

Замеры расстояния h_1 опускания приводной цепи составили, мм: 400, 425, 430, 425, 430.

Среднее арифметическое значение расстояния h_c равно

h_c = (400+425+430+425+430) / 5 = 422 мм.

Среднее квадратическое отклонение результата наблюдений h_1

$$\sigma = \sqrt{\frac{(400-422)^2+(425-422)^2+(430-422)^2+(425-422)^2+(430-422)^2}{5-1}} = 12,57 \text{ мм.}$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерений h_1 составляет

$$\sigma_{h_1} = \sigma / \sqrt{5} = 12,55/2,236 = 5,61 \text{ мм.}$$

Погрешность измерений (для доверительной вероятности α=0,95 при 5 опытах и $t_{\alpha n}$=2,8) составляет ε= $t_{\alpha n}\,\sigma_{h_1}$ =2,8·5,61= 15,7 мм.

Результат измерений $\mathbf{h_1= h_c \pm \varepsilon}$ = (**422,0 ±15,7**) мм.

Процент ошибки точности p = 100σ_{h1} / h_c= 100·5,61/422,0 =**1,33** %.

Замеры усилия S на приводной цепи, Н: (2,3; 2,2; 2,1; 2,0; 2,1)9,81.

Среднее арифметическое значение усилия

S_c= (2,3+ 2,2+ 2,1+ 2,0+ 2,1)9,81/5 = 2,14·9,81=20,99 Н.

Среднее квадратическое отклонение результата наблюдений

$$\sigma = 9,81\sqrt{\frac{(2,3-2,14)^2+(2,2-2,14)^2+(2,1-2,14)^2(2,0-2,14)^2+(2,1-2,14)^2}{5-1}} = 0,114 \cdot 9,81 \text{Н.}$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерений составляет

$$\sigma_S = \sigma / \sqrt{5} = 0,114/2,236 = 0,0509 \cdot 9,81 \text{ Н} = 0,499 \text{ Н.}$$

Погрешность измерения для вероятности α=0,95 при 5 опытах и $t_{\alpha n}$=2,8 составляет ε = $t_{\alpha n}\sigma_S$= 2,8·0,499= 1,4 Н.

Результат измерения

S= $\mathbf{S_c}$±ε = (20,99 ± 1,4) Н.

Процент ошибки точности

P=100σ_s/ S_c=100·0,499/20,99 = **2,4** %

Таким образом, процент ошибки точности измерений расстояний h и h_1 составляет соответственно 1 и 1,33 %, а измерений усилий на приводной цепи -2,4 %.

Экспериментальное значение КПД тали составляет

η= mgh / Sh_1 =(579,77·6,2) / (20,99·422,0) = **0,41**.

***Теоретически определенное значение КПД тали равнялось* 0,669**.

Как видно из примера, значения КПД, определенное теоретическим и экспериментальным способами, не совпадают. Какое заключение можно сделать по этой работе?

При определении теоретического КПД тали было установлено, что некоторые параметры, влияющие на значение КПД, определены достаточно

точно и достоверно, это: вес груза, диаметры грузовой и приводной звездочек, передаточное число редуктора и кратность полиспаста.

Другие параметры: КПД пары опорных подшипников, приведенный коэффициент трения и КПД блока (звездочки) полиспаста определены по рекомендациям справочников и имеют некоторый разброс численных значений. Следовательно, теоретическое значение КПД тали нельзя считать определенным точно.

Что касается экспериментального определения КПД, то процент ошибки точности измерений расстояний составил 1 и 1,3%, а измерение усилия на приводной звездочке – 2,4%, вес поднимаемого груза определен точно. Следовательно, КПД тали экспериментально определено достаточно точно и для конкретных лабораторных условий равно 0,410.

В данной лабораторной работе можно больше доверять экспериментальному значению, чем теоретическому, т.е. эксперимент дает более реальное значение КПД.

Экспериментальное определение подачи конвейера.

Для экспериментального определения подачи винтового конвейера загружают транспортируемый груз в бункер, включают электродвигатель привода конвейера, при этом необходимо сохранить те же положения движка реостата регулирования частоты вращения шнека и заслонки, что и при определении частоты вращения шнека (эта частота определялась для подсчета подачи конвейера теоретическим способом).

Провести транспортирование груза за определенный отрезок времени в пакет или другую емкость, взвесить и произвести подсчет подачи груза за час. Экспериментальную проверку проводить не менее 5 опытов, провести обработку результатов наблюдений.

Замеры подачи конвейера дали следующие результаты: 1 замер (за 14с-1,5 кг), 2 замер (за 15 с -1,7 кг), 3 замер (за 10 с-1,2 кг), 4 замер (за 15 с-1,6 кг), 5 замер (за 18 с-1,8 кг). Пересчет на часовую подачу дали результаты, соответственно в кг/ч: 385,7; 408, 432, 384, 360.

Среднее арифметическое значение подачи

$П_c$= (385,7+408+432+384+360) / 5 = 392,34 кг/ч.

Среднее квадратическое отклонение замера подачи

$$\sigma = \sqrt{\frac{(385,7-392,34)^2+(408-392,34)^2+(432-392,34)^2+(384-392,34)^2+(360-392,34)^2}{5-1}} 18,54 \text{ кг/ч.}$$

Среднее квадратическое отклонение результата измерений, кг/ч.

$$\sigma_{h_1} = \sigma / \sqrt{5} = 18,54 / 2,236 = 8,29 \text{ кг/ч}$$

Погрешность измерения для вероятности α=0,95 при 5 опытах и $t_{\alpha n}$=2,8 составит $\varepsilon = t_{\alpha n}\sigma_n$= 2,8·8,29 = 23,22 кг/ч.

Результат измерений **$\Pi = \Pi_c \pm \varepsilon$** = (**392,34 ± 23,22**) кг/ч.

Процент ошибки точности измерений

$$P = 100\cdot 8{,}29 / 392{,}34 = 2{,}12\ \%.$$

Теоретически определенное значение подачи равно **797** кг/ч, а экспериментально определенное значение подачи равно (**392,34 ±23,22**) кг/ч.

Вывод по работе можно сделать следующий.

В теоретическом определении подачи винтового конвейера к точно определенным параметрам относятся: диаметры шнека и вала, шаг шнека, насыпная масса транспортируемого материала, если она определена непосредственно перед опытом в аудитории.

Приближенно определены следующие параметры: насыпная масса, если она определялась по справочнику, коэффициент трения груза по стали и угол трения, частота вращения вала шнека, коэффициент проскальзывания груза и особенно приближенно определялся коэффициент заполнения межвиткового пространства.

Анализ теоретической части показал, что подача винтового конвейера формулой оценивается весьма приближенно, трудно даже назвать процент ошибки, но он может доходить до 50-60%.

Экспериментально определенное значение подачи дает более реальную оценку, чем теоретическое, поскольку процент ошибки точности измерений составляет 2,12 %. Подача, определенная экспериментально, более достоверна и точнее, чем определенная по теоретической формуле.

Анализ теоретических и экспериментальных данных по ручной тали также дает предпочтение экспериментальным результатам.

Так, при определении КПД тали теоретически некоторые параметры определялись с достаточной точностью. Это вес груза, диаметры грузовой и приводной звездочек, передаточное число редуктора и кратность полиспаста.

Другие параметры: КПД пары подшипников, приведенный угол трения и КПД блока (звездочки), определены по рекомендациям справочников
и имеют некоторый разброс численных значений. Следовательно, теоретическое значение КПД нельзя считать определенным точно.

Экспериментально определенное значение КПД тали дает более точный результат, поскольку процент ошибки точности измерений расстояний составил 1 и 1,3%, а измерение усилия на приводной звездочке - 2,4%.

На этих примерах показано, в каком объеме и в каких направлениях должны проводиться лабораторные работы. В каждой работе необходимо проводить подробный анализ теоретической и практической частей.

Студенты не должны пугаться математических выражений в теоретической части, а с интересом рассматривать и анализировать каждый символ выражения, обращая внимание на его информационное значение, точность и размерность. Такой подход к формулам пригодиться и в изучении многих теоретических дисциплин, изобилующих формулами и математическими выражениями, приучит студентов использовать формулы как учебный инструмент в познании дисциплин, использовать их для аргументированных и доказательных ответов на многие вопросы.

В каждой лабораторной работе проводятся экспериментальные опыты по проверке параметров, определенных в теоретической части. Экспериментальная часть проводится в стиле экспериментальных научных экспериментов, с тщательной проверкой теоретической части работы.

Обработка опытных данных проводится по известным методикам количественного статистического анализа, опять же способствуя повышению общетехнического уровня знаний студентов и применению этих знаний в практических делах. По каждой работе проводится индивидуальная защита, при этом задаются такие вопросы, ответы на которые требуется найти путем проработки двух-трех вариантов и принятия обоснованного решения, основанного на доказательных фактах. Такая форма проведения и защиты лабораторных работ, на наш взгляд, развивает мышление, способствует развитию правдоподобных рассуждений и развитию речи, активизирует учебный процесс, прививает научно-исследовательские навыки и обогащает учебный багаж студентов.

4 ЗАДАЧИ И ИХ РЕШЕНИЕ

Решение задач занимает в техническом образовании огромное место, поскольку практически в любой общетехнической и специальной дисциплине студенты сталкиваются с различными видами задач.

Умение решать задачи особенно с практическим и конкретным применением, является одним из основных показателей уровня общеобразовательного и технического развития, глубины освоения учебных дисциплин, умения применить знания в практическом деле.

Решение задач- это умственная работа студентов, и нужно отметить, что учебный процесс и познание- это особый вид работы, к которой нужно относиться ответственно и серьезно, что не всегда понимается и принимается студентами.

Слово «задача» имеет весьма широкий смысл. При современном укладе жизни человек часто сталкивается с различными видами задач не только в учебном процессе, но и на производстве, в быту и т.д. Задача связана с желаниями что-то решать, при этом, если возникает очевидное средство, с помощью которого можно осуществить желание, то и задача не возникает. Если же такого средства нет, то это – задача.

Таким образом, задача предполагает необходимость сознательного поиска соответствующего средства для достижения ясно видимой, но непосредственно недоступной цели.

Необходимо развивать у студентов постоянный анализ своей деятельности по решению задач и выделению в них общих подходов и методов, их теоретического осмысления и обоснования.

Уместно напомнить, что за время обучения в средней школе и затем в институте каждый из студентов решает огромное число задач, однако на экзаменах довольно часто встречаются случаи, когда показываются хорошие знания в теоретической части, но имеются затруднения в решении задач.

В чем причина такого положения? Причин, конечно, много. Одна из причин заключается в том, что многие студенты не задумываются над приемами и методами решения задач, не анализируют решаемые задачи и не выделяют из решения общие приемы и способы[14]. Задачи решаются без активного участия студента, пассивно и без интереса. Усвоение при таком отношении практически нулевое.

У большинства студентов весьма смутные представления о сущности решения задач, о самих задачах, они не представляют то, из чего складывается анализ задачи, с чего начинать решение, как доказывать то или иное предположение. Сюда следует отнести и слабое знание основ математики, теоретической механики и других общетехнических дисциплин, знания которых необходимы при решении задач.

Наблюдения показывают, что многие студенты решают задачи лишь по образцу и встретившись с задачей несколько отличной от только что рассмотренной, оказываются в тупике. Однако все виды задач заранее перерешать просто физически невозможно.

А можно ли научиться решать любые задачи? Конечно, научиться решать любые задачи, видимо невозможно, ибо может встретиться такая задача, которую трудно решить. Можно привести случаи из математики, когда ученые-математики тратят всю свою жизнь на то, чтобы найти решение некоторых задач. В математике известны задачи, которые ученые уже много лет решают и не могут решить.

Если же говорить о задачах, которые предлагаются на разных вузовских дисциплинах, то каждый студент в принципе может и должен научиться их решать. Но для того чтобы научиться решать задачи, надо системно работать в этом направлении. Однако, эта работа не сводится лишь к решению большого числа задач. Если кратко резюмировать то, что нужно сделать для этого, то можно сказать так: ***надо научиться такому подходу к задаче, при котором задача выступает как объект тщательного изучения, а её решение – как объект конструирования и изобретения.***

Решение задач – практическое искусство и является специфической особенностью интеллекта, а интеллект – это особый дар человека, поэтому решение задач может рассматриваться как одно из характерных проявлений человеческой деятельности. Необходимо разобраться в характере этой деятельности и найти средства для развития и повышения соответствующих способностей студентов – это первейший долг педагога высшей школы.

Решение, найденное в результате собственных усилий (самое ценное), или то, которое было выслушано (но обязательно с живым интересом и стремлением проникнуть в суть дела) со стороны преподавателя, может превратиться в **метод**, в образец, которому с успехом можно следовать при решении других задач.

«Метод решения хорош, если с самого начала мы можем предвидеть – и далее подтвердить это,- что, следуя этому методу, мы достигнем цели», так высказал свое мнение Лейбниц.

Над универсальным методом, пригодным для решения любых задач, размышлял еще Декарт, предлагал свои методы и Лейбниц. Однако поиски универсального, совершенного метода не дали ожидаемого эффекта. Тем не менее, эти предложения не остались бесполезными, ибо изложенные в них мысли способствуют развитию

умственных способностей (эффективному мышлению) и умению решать задачи.

Если внимательно рассмотреть любую задачу, то можно увидеть, что она включает требование или вопрос, на который надо найти ответ, учитывая и опираясь на те условия, которые указаны в задаче.

Задача может быть простой или сложной, в первом случае решение найти легко, во втором случае решение находится труднее и сложнее.

Следует отметить, что основная часть нашего сознательного мышления связана с решением задач. Решение задач – специфическое достижение разума, разум же – особый дар, которым наделен человек.

Приступая к решению какой либо задачи, надо ее внимательно изучить, установить каковы условия, исходя из которых надо решать задачу, определить материал (тематику), к которому относится задача, осознать требования задачи, т.е. то, что необходимо найти. Все ***это называется анализом задачи***. Умение анализировать задачу, проникать в ее сущность – это главное в общем умении решения задач.

Решать задачу какого-то раздела технической дисциплины – значит, найти такую последовательность общих положений дисциплины (определений, аксиом, теорем, правил, законов, формул), применяя которые к условиям задачи или к их следствиям, получим то, что требуется в задаче,- ее ответ.

Следует учесть, что решение задач является не самоцелью, а ***средством обучения***.

Процесс решения задачи начинается с момента получения задачи до момента полного завершения ее решения и состоит из ряда этапов.

Первый этап процесса включает анализ задачи, т.е. необходимость уяснения условий и требований задачи, принадлежность ее к какой-то определенной тематике или разделу дисциплины. Результаты анализа задачи необходимо зафиксировать, записать в виде наглядной формы, которой является ***схематическая запись задачи***.

Первой отличительной особенностью схематической записи является широкое использование в ней разного рода обозначений, символов, букв, рисунков, чертежей, эскизов, схем и т.п. Во многих задачах технического профиля чаще пользуются рисунками, эскизами, схемами, чертежами.

Второй особенностью является то, что в ней четко выделены все нужные условия и требования задачи, а в записи каждого условия указаны объекты и их характеристики, фиксируется лишь только то, что необходимо для решения задачи.

Построение схематической записи задачи составляет второй этап процесса решения задачи.

Анализ задачи и построение ее схематической записи необходимы главным образом для того, чтобы найти способ решения данной задачи. ***Поиск этого способа составляет третий этап процесса решения***.

Поиск способа решения производится в процессе решения любой задачи. При решении простых задач поиск решения сводится к определению известных законов, аксиом, положений и т.п., применение которых и даст ответ к решению задачи.

При решении более сложных задач поиск способа решения является самым трудным и основным этапом решения. Он может занимать и по времени самое большое место в общем процессе решения. При этом часто поиск способа решения приходится производить не один раз. Когда есть убеждение в ошибочности способа, то приходится снова возвращаться к этапу поиска решения и искать другой способ решения. И так зачастую приходится делать несколько раз, тут нужно, конечно, упорство, но еще важней каждый раз в случае неудачи поиска возвращаться к анализу задачи, производить его еще раз более внимательно и искать причины этих неудач.

Четвертый этап процесса решения – это осуществление решения задачи. Что касается этого этапа, то очевидно, что без него и нет самого решения.

После того как решение осуществлено и изложено (письменно или устно), необходимо убедиться, что это решение правильное, что оно удовлетворяет всем требованиям задачи. Для этого производят ***проверку решения, что составляет пятый этап процесса решения***. Большей частью проверка решения производится попутно по мере осуществления решения, и оно может производиться устно.

При решении некоторых задач, кроме проверки решения, необходимо еще произвести исследование задачи, а именно установить, при каких условиях задача имеет решение, а также, сколько возможных решений может иметь задача, при каких условиях задача вообще не имеет решения и т.д.

Все это составляет шестой этап процесса решения.

Далее, ***в седьмом этапе***, четко формулируется ответ задачи, делается обобщение решения, принимаются выводы по решению.

Следует, окинув взглядом проделанное решение, выявить его недостатки (если они есть), подумать о других способах решения. Кроме всего, необходимо закрепить в памяти те приемы, которые были использованы в данном решении, сопоставить решение данной задачи с ранее решенными, выявить возможность применения этих приемов в других направлениях.

Такое многокомпонентное рассмотрение задачи будет способствовать превращению решения задач в могучее обучающее средство.

Если студент хочет по-настоящему научиться решать задачи, то необходимо стараться анализировать решение каждой мало-мальски новой и более или менее сложной задачи. Не надо жалеть на это времени и сил: все это окупится в будущем, приучит студента подходить к решению не только учебных задач, но и любых других бытовых и производственных задач и даже проблем.

Итак, весь процесс решения задачи можно характеризовать следующими этапами:

1 этап – анализ задачи;

2 этап – схематическая запись задачи;

3 этап – поиск способа решения задачи;

4 этап – осуществление решения задачи;

5 этап – проверка решения задачи;

6 этап – исследование задачи;

7 этап – заключение, формулировка ответа задачи, обобщение, выводы.

Проведенная схема дает лишь общее представление о процессе решения задач как о сложном и многоплановом процессе. В каждом конкретном случае процесс решения зависит в первую очередь от характера задачи и, конечно, от того, какими знаниями и умениями обладает решающий задачу.

Указанные этапы обычно не отделены друг от друга, а переплетаются между собой. Так, в процессе анализа задачи обычно производится и поиск решения, и само решение. Порядок этапов также может меняться.

Задачи могут условно разделяться на стандартные, нестандартные, на доказательство, математические, практические, на нахождение искомого уравнений и неравенств.

4.1 Стандартные задачи и их решение

Как было отмечено, непосредственное решение задачи состоит из последовательных действий, каждое из которых есть применение общих положений, законов, аксиом, определений из технических дисциплин к условиям задачи. Поэтому отыскание последовательности шагов использования известных положений есть главное, что нужно сделать для того, чтобы решить задачу.

В каждой из технических дисциплин: теоретической механики, сопротивления материалов, детали машин и т.д. изложены для многих видов задач правила, пользуясь которыми можно найти решение задачи того или иного вида[15, 16].

Правила, пользуясь которыми можно найти последовательность шагов для решения задачи некоторого вида, излагаются в различных формах.

Процесс решения стандартных задач имеет следующие особенности.

1 Анализ задачи сводится к установлению (распознаванию) вида задачи, к которому принадлежит заданная.

2 Поиск решения состоит в составлении на основе общего правила (формулы, тождества и т.п.) или общего положения (определения, теоремы, законы и т.п.) программы – последовательности шагов решения задач данного вида.

3 Само решение стандартной задачи состоит в применении этой общей программы к условиям данной задачи. Отсюда следует, что, для того, чтобы решать стандартные задачи, нужно:

- помнить все изученные в курсах технических дисциплин общие правила, законы, определения, теоремы;
- уметь развертывать общие правила, законы, теоремы, определения в программы-последовательности шагов решения задач соответствующих видов.

Этому умению нужно учиться на всех вузовских дисциплинах на протяжении всех лет обучения в вузе.

В разделе 2.2.2 приведены шаги решения статических и динамических задач, изложенные в курсе Теоретическая механика.

Еще раз напомним последовательность решения этих задач. ***Вычерчивается схема или эскиз устройства, механизма, сооружения и т.д. Выделяется тело, равновесие которого следует рассмотреть, чтобы найти неизвестную величину.***

К данному телу прикладываются все внешние силы, освобождаются от связей, заменяют их реакциями связей. Составляется условие равновесия тела, применяя одну из трех форм равновесия (в каждой форме по три уравнения, следовательно, можно составить девять уравнений равновесия). Стараются применить ту форму, которая дает наименьшее число уравнений, наиболее простой будет система уравнений, в каждой из которых входит одна неизвестная величина.

Определяются неизвестные величины решением составленных уравнений. Проверяется правильность решения путем использования уравнений других форм равновесия, анализируются полученные результаты.

Приведенная последовательность решения должна усвоиться студентами достаточно прочно и надежно, знать так, как знают таблицу умножения.

Рассмотрим конкретные примеры решения стандартных задач. Вот что сказал по этому поводу И. Ньютон.

«***Я занимался до сих пор решением ряда задач, ибо при изучении наук примеры полезнее правил» - И. Ньютон***.

Задача 1. Подобрать колесную установку (КУ) для крана, масса которого 4 т, центр тяжести его находится на линии оси поворота, Масса поднимаемого груза 1 т, вылет крана б=3,5 м, расстояние АВ=2а=2,5 м. Вес крана составит Р=mg=4000·9,81=39240 Н, вес груза Q=mg= =1000·9,81=9810Н.

1 этап решения – Анализ задачи. Задача относится к двум техническим дисциплинам, первая, подъемно- транспортирующие машины [17], поскольку нужно подобрать колесную установку, которая подбирается по действующей на нее нагрузке. Нагрузка же на колесо определяется из равновесия плоской системы сил – это теоретическая механика, раздел статика.

Таким образом, сначала необходимо найти нагрузку на колесо – 1 часть задачи, а потом подобрать по этой нагрузке колесную установку – 2 часть задачи.

2 этап решения – Схематическая запись задачи. Для наглядности изобразим схему крана (Рисунок 4.1), на которой приложены действующие силы Р, Q, реакции связей N_A, N_B и линейные параметры а,б.

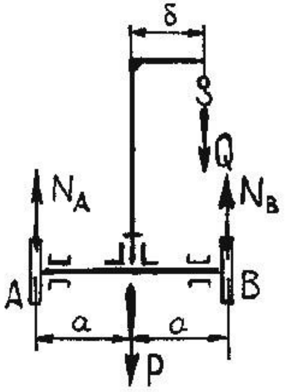

Рисунок 4.1 – Схема крана

3 этап – Поиск способа решения 1 части задачи. Поскольку задача относится к стандартной, то ее решение производится по правилам, изложенным в разделе статика (равновесие плоской системы сил), которые выполняются в следующей программе-последовательности.

- Устанавливают, равновесие какого тела следует рассмотреть, в нашем случае – равновесие крана.

- Прикладывают к телу внешние силы Р и Q. Освобождаются от связей и заменяют их действие реакциями связей (в нашем случае связью является опорная поверхность колес – рельсы, реакции связей будут N_A, N_B).

- Составляют условие равновесия сил, используя одну из 3 форм равновесия или 9 формул (3 формы равновесия были изложены в разделе 2 - Необходимые сведения, п.2.2.1).

- Определяется искомая величина нагрузки на колесо.

Поиск способа решения 2 части задачи изложен в дисциплине подъемно- транспортирующие машины, раздел «механизмы передвижения кранов» - колесные установки. Выбор колесной установки производится по действующей нагрузке из типовых конструкций по условию, действующая нагрузка на колесо должна быть меньше допустимой на колесо.

4 этап – осуществление решения задачи. На кран действует параллельная система сил, две из которых N_A, N_B неизвестны. Составляем условие равновесия сил. Так как неизвестны две силы, то необходимо составить 2 уравнения. Первое – сумма проекций всех сил на вертикальную ось равна нулю, т.е.

$$N_A + N_B - P - Q = 0. \qquad (4.1)$$

Второе уравнение – сумма моментов всех сил относительно, например, точки А равна нулю, т.е.

$$-P \cdot a + N_B \cdot 2a - Q\,(a + б) = 0. \qquad (4.2)$$

Решая второе уравнение относительно N_B, имеем

$$N_B = \frac{Q(a+b)+Pa}{2a} = \frac{9810(1,25+3,5)+39240\cdot 1,25}{2,5} = 38259 \text{ Н}$$

Из первого уравнения (4.1) определяется сила N_A

$N_A = P + Q - N_B = 39240 + 9810 - 38259 = 10791$ Н = 10,8 кН.

Колесную установку необходимо подбирать по максимальному давлению, т.е по N_B=38,2 кН.

По каталогу на колесные установки (Атлас Подъемно - транспортирующие машины. М.: Машиностроение, 1979. -15 л.) подбирается колесная установка КУ-200.

5 этап - Проверка решения задачи. Для проверки решения задачи составим уравнение, отличное от первых двух. Составим уравнение моментов всех сил относительно точки В, т.е.

$$-N_A\, 2a + Pa - Q(б - a) = 0. \qquad (4.3)$$

$-10791\cdot 2,5 + 39240\cdot 1,25 - 9810(3,5-1,25) = -26977,5 + 49050 - 22075,5 = 0.$

Уравнение удовлетворяется условию, следовательно, решение произведено правильно.

6 этап – Исследование задачи. На этом этапе исследуется другое возможное применение решения. Здесь можно определить максимальный вес Q, поднимаемый краном, при котором кран будет еще устойчив. Это будет при отсутствии давления на колесо А, т.е. N_A=0, и из третьего уравнения (4.3) определяется вес груза

$Q = Pa/(б-a) = 39240\cdot 1,25/(3,5-1,25) = 21799,9$ Н=21800 Н.

Если превысить вес Q=21800 Н, то произойдет опрокидывание крана, что недопустимо. Отсюда следует, что масса поднимаемого груза не должна превышать 2,2 т.

7 этап – Заключение. Решение данной задачи имеет практическое значение. Во-первых, определены давления на колеса крана и установлено, что на колесе В оно равно 38,2 кН, а на колесе А-10,8 кН, т.е. на колесе В оно больше в 3,5 раза, чем на колесе А. По максимальному давлению подбирается колесная установка.

Во-вторых, определено максимально допустимое значение поднимаемого груза, равное 2,2 т, при подъеме которого кран еще устойчив. При превышении значения 2,2 т кран опрокидывается.

В третьих, для выравнивания давлений на колеса можно рекомендовать два варианта. Сдвинуть центр тяжести крана ближе к колесу А, для чего необходимо изменить крепление стрелы или, не меняя ее положения, закрепить на стреле противовес.

Задача 2. Определить диаметр болта, размер квадратной головки болта и шайбу под гайку для соединения двух деревянных досок с усилием 3000 Н. Допускаемое напряжение на смятие дерева $[\sigma]_{см}$=4 МПа.

1 этап решения – Анализ задачи. Задача относится к дисциплинам детали машин и сопротивление материалов. По разделу «крепежные изделия» (детали машин) известна методика определения диаметра болта, а по разделу «разрыв, срез, смятие» из сопротивления материалов можно определить геометрические размеры головки болта исходя из сравнения действующего напряжения смятия с допускаемым значением напряжения смятия деревянных досок.

2 этап решения – Схематическая запись задачи. Данная задача не отличается большой сложностью, поэтому схематическую запись в виде рисунка или эскиза можно не делать, поскольку действие болта на две доски можно представить без рисунка.

3 этап решения – Поиск способа решения задачи. Стержень болта при затяжке испытывает растягивающую нагрузку, при которой в теле болта возникают напряжения растяжения. Действующие напряжения в болте должны быть меньше допускаемого напряжения растяжения материала, из которого изготовлен болт, т.е. должно соблюдаться условие $\sigma \le [\sigma]_р$.

Метод сравнения также лежит в части определения размеров головки болта и шайбы под гайку, исходя из действующего напряжения смятия под головкой и шайбой и сравнении его с допускаемым напряжением смятия, условие то же, что и в первом случае $\sigma \le [\sigma]_{см}$.

4 этап – Осуществление решения задачи. Диаметр болта определяется из условия $\sigma \le [\sigma]_р$. Действующее напряжение растяжения в болте определяется $\sigma = P/F = 4P/\pi d^2$ или с учетом крутящего момента в резьбе $\sigma = 5{,}2P/\pi d^2$.

Допускаемое напряжение на растяжение $[\sigma]_р = 0{,}6\ \sigma_т = 0{,}6 \cdot 200 = 120$МПа.

Диаметр болта определится

$$d_1 = \sqrt{\frac{5,2P}{\pi[\sigma]}} = \sqrt{\frac{5,2 \cdot 3000}{3,14 \cdot 120 \cdot 10^6}} = 0,0064 \text{ м} = 6,4 \text{ мм}.$$

По внутреннему диаметру d_1=6,4 мм резьбы по ГОСТ 24705-81 определяется диаметр стержня болта, подходит болт М8 с шагом резьбы 1,25 мм.

Размер квадратной головки болта определится из условия- действующее напряжение смятия под головкой болта должно быть меньше допускаемого напряжения материала доски, т.е. $\sigma \leq [\sigma]_{см}$.

Действующее напряжение смятия $\sigma = P/F = P / (a^2-0,25\pi d^2)$ или $(a^2-0,25\pi d^2) \geq P/[\sigma]$, отсюда размер головки болта определится

$$\grave{a} \geq \sqrt{\frac{P}{[\sigma]} + \frac{\pi d^2}{4}} \geq \sqrt{\frac{3000}{410^6} + \frac{3,14 \cdot 0,008^2}{4}} \geq 0,0283 \text{ м} \geq 28,3 \text{ мм}.$$

Примем размер головки болта a=30 мм.

Стандартный размер квадратной головки болта (винта) М8 равен 8 мм, таким образом, стандартный болт с квадратной головкой не может обеспечить затяжку досок без смятия материала, поэтому головка не стандартная.

Диаметр шайбы определится из условия $\sigma \leq [\sigma]_{см}$ или $P/\ 0,25(\pi D^2-\pi d^2) \leq [\sigma]_{см}$. Отсюда диаметр шайбы равен

$$D \geq \sqrt{\frac{4P}{\pi[\sigma]} + d^2} \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 3000}{3,14 \cdot 4 \cdot 10^6} + 0,008^2} \geq 0,033 \text{ м} \geq 33 \text{ мм}.$$

Примем диаметр шайбы D =35 мм.

Таким образом, болт для соединения двух досок с усилием 3000 Н имеет диаметр 8 мм, квадратную головку с размером 30 мм и диаметр шайбы 35мм.

5 этап – Проверка решения задачи.

Правильность определения диаметра болта проверяем по напряжению растяжения в его стержне и сравнению с допускаемым напряжением растяжения материала, из которого изготовлен болт $\sigma=5,2P/\pi d_1^2=5,2\cdot 3000/3,14\cdot 0,0064^2=112126823$Па=112,13 МПа. Действующее напряжение в болте равно 112,13 МПа, а допускаемое напряжение растяжения равно 120 МПа, следовательно, условие 112,13<120,00 соблюдено, и диаметр стержня болта выбран правильно.

Проверка выбора размера головки болта проводится по сравнению напряжения смятия дерева под головкой с допускаемым напряжения смятия.

Действующее напряжение смятия определяется $\sigma_{см}=P/(a^2-0,25\pi d^2)=3000/(0,03^2-0,25\cdot 3,14\cdot 0,008^2)=3530242,4$ Па=3,5 МПа.

Допускаемое напряжение смятия дерева равно 4 МПа, следовательно, размер головки болта выбран правильно.

Проверка выбора диаметра шайбы также проводится по напряжению смятия $\sigma \leq [\sigma]_{см}$ или

$\sigma = P/0,25(\pi D^2 - \pi d^2) = 3000/0,25(3,14 \cdot 0,035^2 - 3,14 \cdot 0,008^2) = 3131524$Па=3,13 МПа. Как видно $\sigma = 3,13 \leq [\sigma]_{см} = 4,00$ МПа, следовательно, диаметр шайбы выбран правильно.

6 этап – Исследование задачи. Без болтового соединения нельзя представить современную технику, поэтому необходимо знать расчет болта и уметь подбирать стандартный болт. Однако в данной задаче стандартный болт (винт) с квадратной головкой не удовлетворяет условию по смятию дерева, поэтому болт применен не стандартный, а с головкой размером квадрата 30 мм. То же самое относится и к шайбе, диаметр которой принят 35 мм, диаметр которой 35 мм не соответствует типоразмеру болта М8.

Однако можно было бы предложить использовать стандартный болт (винт) М8 с головкой размера 8 мм, но подложить под головку болта шайбу диаметром 35 мм, такая же шайба будет и под гайкой.

7 этап – Заключение. В результате решения задачи подобран болт диаметром 8 мм, но с нестандартной квадратной головкой и диаметром шайбы. Возможно, было бы применение стандартного болта, но необходимо под головку болта подложить шайбу диаметром 35 мм. В обоих случаях затяжка досок с усилием 3000 Н будет осуществлена болтом М8 без смятия древесины досок.

К стандартным задачам относятся многие задачи дисциплины «Детали машин», например: расчет ременных передач (плоскоременной и клиноременной), зубчатых передач, цепных и фрикционных передач.

В качестве примера приведем последовательные шаги по расчету клиноременной передачи.

- Выбирается тип и профиль ремня в зависимости от передаваемой мощности и окружной скорости (по рекомендациям справочника).

- Выбирается диаметр малого шкива по ГОСТ 17383-73 (желательно брать наибольший из возможных вариантов).

- Определяется окружная скорость и сравнивается с допускаемым значением.

- Определяется диаметр большого шкива в соответствии с табличным значением.

- Уточняется передаточное отношение и угловая скорость.

- По соответствующей формуле определяется межосевое расстояние.

- По формуле определяется длина ремня и выбирается стандартное ближайшее значение, уточняется межосевое расстояние.

- Проверяется частота пробегов ремня. Если частота пробегов больше допустимого значения, то необходимо увеличить длину ремня и определить фактическое межосевое расстояние.

- Определяется угол обхвата ремнем малого шкива, который должен быть равен или больше 120^0, если угол меньше 120^0, то увеличивают длину ремня и межосевое расстояние.

- Рассчитывают допускаемую мощность на один ремень по ГОСТ 1284-80.

- Определяются корректирующие коэффициенты по соответствующим таблицам.

- Определяется нагрузка на вал ведущего шкива по соответствующей формуле.

- По формуле определяется расчетная долговечность ремня.

Для получения оптимальных размеров передачи и уменьшения стоимости рекомендуется выполнить параллельно два-три варианта проектировочного расчета для различных типов, профилей ремня и межосевых расстояний, а затем выбрать лучший вариант.

Следует отметить, что стандартные задачи часто использовались и в средней школе. Большое число примеров тому изложено в математике, где для многих видов задач установлены правила, пользуясь которыми можно найти последовательность шагов для решения любой задачи данного вида. Эти правила излагаются в различных формах: правило-формула, правило-тождество, правило-теорема, правило и формулы дифференцирования и т.д.

Кратко об некоторых правилах.

Правило-формула, примером может служить формула корней квадратного уравнения вида $ах^2 + бх + с=0$. Последовательность решения уравнения следующая:

- проверка условия $а\neq0$;

- определяется $D = б^2 – 4ac$;

- проверяется условие $D\geq0$;

- если эти условия выполнены, то вычисляются корни уравнения по формуле $x=(-б\pm\sqrt{D})/2a$.

Последовательность шагов может служить программой для решения любого квадратного уравнения. Например, для решения уравнения $2x^2-3x+1=0$ имеем такую последовательность шагов:

$a=2\neq0$;

$D=б^2-4ac= (-3)^2-4\cdot2\cdot1=1$;

$D=1>0$;

$x=(-б\pm\sqrt{D})/2a=(3\pm1)/4$: $x_1=1$; $x_2=0{,}5$. Ответ: корни уравнения равны 1 и 0,5.

Правило-тождество. Примером может служить тождество квадрата двучлена $(а+б)^2=а^2+2аб+б^2$; куб двучлена $(а+б)^3=а^3+3а^2б+3аб^2+б^3$; сумма кубов $а^3+б^3=(а+б)(а^2-аб+б^2)$ и т.п.

Правило-теорема. Многие теоремы служат правилами для решения задач соответствующего вида. Например, теорема «средняя линия трапеции параллельна ее основаниям, и длина ее равна полусумме длин оснований». Эта теорема служит правилом для решения задач нахождения длины средней линии трапеции по ее основаниям.

Таких правил достаточно много и здесь не приводятся.

4.2 Нестандартные задачи и их решение

К нестандартным задачам относятся такие, для которых в учебных дисциплинах нет общих правил и положений, определяющих точную программу их решений.

Как и в случае решения стандартных задач, начинать процесс решения нестандартной задачи необходимо с глубокого и всестороннего анализа задачи и построения ее схематической записи (если это нужно для наглядности). Анализ и построение схематической записи задачи должны проводиться направленно с целью поиска плана решения задачи.

План решения большей частью это лишь идея решения, его замысел, а полный перечень действий возникает в процессе осуществления найденной идеи и замысла решения.

Может случиться, что найденная идея неточна или ошибочна. Тогда приходится снова возвращаться к анализу задачи, искать другую идею решения или уточнять найденную прежде.

Как же искать план решения задачи?

Односложного и определенного ответа на этот вопрос дать нельзя, ибо поиск плана решения является трудным и не поддающимся точному определению процессом.

Однако можно использовать ряд рекомендаций, советов для того, чтобы научиться производить поиск решения задач.

Поиск плана решения задачи путем сведения к ранее решенным задачам, одно из рекомендаций к решению.

Процесс сведения незнакомых задач к знакомым (ранее решенным) производится с помощью каких-либо преобразований, переформулирований задачи или разбиения ее на подзадачи. Можно использовать разные приемы преобразования (например, замена переменных и др.), переформулирование (например, составление уравнения или системы уравнений и др.), разбиения на составные части (подзадачи) известного вида и др.

Если же для решения задачи ни один из предложенных приемов окажется непригодным, тогда придется изобретать (конструировать) новый прием. В этом и состоит искусство решения задач, этому искусству можно и нужно учиться.

В большинстве технических задач требование состоит в том, чтобы найти, разыскать, распознать какое-то искомое. При этом искомым могут быть величина, отношения, какой-либо объект, предмет-деталь и его параметры, геометрическая форма и т.д.

Очевидными примерами задач этого класса являются задачи на вычисление различных выражений, значений функций, задачи на установление характера функции, решение различных уравнений, систем уравнений и т.д.

Задачи, в которых нужно установить вид заданных выражений, чисел, форму геометрической фигуры или тела также относятся к этому классу.

Следует напомнить, что уравнения, неравенства и системы уравнений и неравенств являются математическими моделями очень многих физических и иных явлений. Весьма часто в технических дисциплинах решаются задачи, связанные с уравнениями. По этой причине студентам необходимо усвоить определения и основные понятия или напомнить о них.

- Всякое уравнение или неравенство есть задача.
- Записью этой задачи является равенство (неравенство) с переменной (переменными).
- Уравнение или неравенство – это такая задача, в которой требуется найти значение этой переменной (или переменных).
- Искомые значения переменной (переменных), которые нужно найти в задаче-уравнении (неравенстве), должны быть такими, чтобы, будучи подставлены вместо переменной (переменных) в уравнение (неравенство), они обращали его в верное равенство (неравенство).

Эти значения переменной (переменных), удовлетворяющие уравнению (неравенству), называются решениями уравнения (неравенства). В случае уравнения с одной переменной решения называются еще корнями.

Основными рациональными уравнениями с одной переменной являются линейные и квадратные уравнения, их решение хорошо известно.

Все остальные рациональные уравнения приводятся с помощью различных преобразований к этим основным уравнениям, т.е. к линейным и квадратным. Этими преобразованиями являются следующие.

- Если уравнение дробное, то сначала приводят его к целому виду, умножив обе части уравнения на общий знаменатель всех дробей. При этом получается лишь следствие исходного уравнения.
- Если уравнение целое, то используют два способа преобразований:

а) замену переменных (введение новых переменных);

б) разложение левой части уравнения на множители, когда правая часть равна нулю.

Решение систем уравнений состоит в свертке их в одно уравнение с одной переменной. Эта свертка системы уравнений в одно уравнение производится главным образом с помощью двух методов преобразования систем: способ подстановки и способ сложения.

Способ подстановки заключается в том, что одну из переменных какого-либо уравнения системы выражают через остальные переменные этого уравнения, а затем полученное выражение подставляют вместо этой переменной во все остальные уравнения системы. Тем самым число уравнений и число переменных уменьшается на единицу.

Действуя таким образом, в конечном итоге получается одно уравнение с одной переменной.

Способ сложения, когда, складывая или вычитая почленно два уравнения системы (обычно предварительно как-то преобразованных), удается исключить одну из переменных и тем самым уменьшить общее число переменных системы. Кроме этого, при решении систем уравнений используются и общие методы решения уравнений: замена переменных и разложение на множители.

Решение тригонометрических уравнений и неравенств отличается от решений других видов уравнений и неравенств в первую очередь тем, что в результате их решения получается бесконечные серии решений.

Основными тригонометрическими уравнениями являются следующие.

1 Sin x = a.

Если |a|>1, то уравнение не имеет решений.

Если |a|<1, то его решениями являются два бесконечных множества значений переменной, определяемых следующими формулами:

$$\mathbf{x = arc\ sin\ a + 2k\pi \quad и \quad x = -\ arc\ sin\ a + 2(k+1)\pi}.$$

Как надо понимать формулу, например,

$$\mathbf{x = arc\ sin\ a + 2k\pi}. \qquad (4.4)$$

В этой формуле имеется параметр **k**, который принимает всевозможные значения из области Z целых чисел от -∞ до +∞. Поэтому получается для x двухсторонняя бесконечная последовательность значений:

$$\boldsymbol{arc\ sin\ a - 2\pi,\quad arc\ sin\ a,\quad arc\ sin\ a + 2\pi}, \ldots$$

Как видно, соседние члены этой последовательности отличаются друг от друга на 2π (период функции sinx).

Это значит, что эта последовательность есть двусторонняя бесконечная арифметическая прогрессия, разность которой равна 2π. В отличие от конечной арифметической прогрессии в данной бесконечной прогрессии за начальный член можно выбрать любой другой член этой прогрессии.

Например, за начальный член можно выбрать ***arc sin a -2π*** . Для этого достаточно в формуле (4.4) заменить k на (n-1), тогда получится формула

x = arc sin a - 2π +2nπ .

Графическое решение уравнения sin x =a можно рассматривать как нахождение абсцисс точек пересечения графиков ***y = sinx*** и ***y = a*** . Строим на координатной оси эти графики (Рисунок 4.2).

Если |a|>1, то график функции y=a есть прямая CD, а график y=sinx – синусоида, причем CD не пересекает синусоиду ни в одной точке.

Если |a|<1, то график y=a (прямая AB) имеет с синусоидой бесконечное число точек пересечения. Эти точки можно разделить на два вида. К первому относятся точки пересечения левой части кривой (точки,

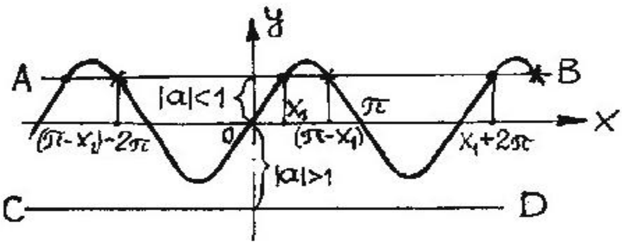

Рисунок 4.2 – Графики функций **y=sinx и y=a**

отмеченные кружком). Их абсциссы образуют двухстороннюю бесконечную арифметическую прогрессию с начальным членом x_i=arc sin a и разностью (периодом) 2π.

Ко второму виду относятся точки пересечения прямой AB с правой частью кривой (точки, отмеченные крестиками). Их абсциссы образуют также двухстороннюю бесконечную арифметическую прогрессию с начальным членом π -x_i = π- arc sin a и разностью 2π.

2 Cos x= a.

Если |a|>1, то уравнение не имеет решений.

Если |a|<1, то его решениями являются два бесконечных множества значений переменной, определяемые следующей формулой

x = arc cos a +2kπ.

3 Tgx=a.

При любом a его решения задаются формулой

x=arc tg a +kπ.

Напомним, что по данному выражению определялась связь между углом трения и коэффициентом трения (смотри раздел2.3), tgφ=f или угол трения φ=arc tgf.

4 Ctgx=a.

При любом а его решения задаются формулой

$$x=\mathrm{arc\ ctg}\ a+k\pi\ .$$

Особое значение имеют задачи на максимум и минимум, которые относятся к числу наиболее интересных задач. Это связано в первую очередь с тем, что в трудовой деятельности люди стремились свести к минимуму затраты или при заданных ресурсах обеспечить максимальный выпуск продукции. Такого рода задачи носят название оптимизационных задач. Разработкой общих методов их решения занимаются специальные разделы высшей математики.

В некоторых задачах имеет смысл начинать решение с конца. В этом случае в качестве отправного пункта выбирается конечное неизвестное и продвижение идет попеременно то от неизвестного к данным, то от данных к неизвестному.

Применительно к техническим задачам это надо понимать так, что предполагается, что известны все необходимые данные для определения требуемого в задаче неизвестного. Обычно неизвестное определяется каким-то математическим выражением, анализируя которое определяются составляющие, которые пока неизвестны. Далее находят способ определения этих неизвестных, это, так называемые, внутренние неизвестные. Это можно назвать как задачи внутри задач, т.е. чтобы добраться до основного неизвестного, нужно определить вспомогательные (внутренние) неизвестные. Как правило, внутренние неизвестные находятся посредством стандартных шагов. В результате определения внутренних неизвестных, находится и искомое значение задачи. Пример решения такой задачи будет рассмотрен ниже.

Кратко изложим основные рекомендации для поиска решения задач (общий подход).

1 Прочитав задачу, необходимо установить, к какому виду задач, к какой тематике она относится.

2 Если задача принадлежит к стандартному типу, то решается она по известной последовательности того или иного раздела технической дисциплины (теоретическая механика, сопротивление материалов, детали машин и основы конструирования и т.д.).

3 Если задача не является стандартной, то следует действовать в следующих направлениях:

а) попробовать применить способ разбиения, т.е. расчленить задачу на части, решение которых не вызывает сложности;

б) переформулировать задачу, заменить ее другой равносильной задачей (способ моделирования);

в) ввести в условие вспомогательные элементы: вспомогательные параметры, вспомогательные построения (способ вспомогательных элементов).

4 Для того чтобы легче было осуществить указанные способы, желательно и полезно построить вспомогательную модель задачи - ее схематическую запись.

5 Решение нестандартных задач есть своего рода искусство, которым можно овладеть лишь в результате глубокого постоянного самоанализа действий по решению задач и постоянной тренировки в осознанном решении разнообразных задач.

Необходимо помнить, что решение задач есть вид творческой деятельности, а поиск решения есть процесс изобретательства. Убедительный совет студентам – учитесь творить и изобретать в процессе решения задач!

Примеры решения нестандартных задач.

Задача 1 Определить силу Р, которую необходимо приложить к гаечному ключу при завинчивании гайки до появления в стержне болта М8 напряжений, равных пределу текучести. Длина ключа L=15d, коэффициент трения в резьбе и на торце гайки f=0,15. Материал болта Сталь 20, предел текучести σ_m=250 МПа. Внутренний диаметр резьбы болта d_1=6,647 мм, шаг резьбы p=1,25 мм, угол подъема резьбы $\beta=3^0 12'$, средний диаметр резьбы d_2=7,188 мм.

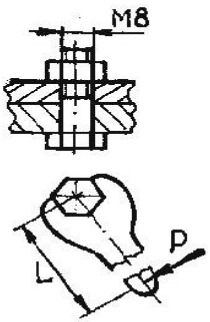

Рисунок 4.3- Схема соединения болтом

1этап- Анализ задачи. Задача относится к дисциплине «Детали машин» и касается болтового соединения. Задача не относится к стандартным, поскольку нет известных шагов, ведущих к ясному решению. Можно утверждать, что поскольку задан коэффициент трения в резьбе и на торце гайки, то там присутствуют силы трения, следовательно, необходимо связать силы трения в резьбе и на торце гайки с усилием на гаечном ключе.

2 этап - Схематическая запись задачи может быть представлена рисунком 4.3, где показано соединение болтом и наличие ключа.

3 этап - Поиск решения. Решение начнем с конечного неизвестного. Если бы все сведения были известны, то сила действия на ключ могла бы определится из значения момента закручивания на ключе как P=M/L (Момент на ключе равен M=PL). В этом выражении L –известно, а момент M неизвестен. Поэтому в любом случае следует определить значение неизвестного момента M.

Момент M на ключе преодолевает момент трения в резьбе и на торце гайки, следовательно, момент на гаечном ключе равен моменту трения в резьбе и на торце гайки, т.е. $M = M_т$.

В свою очередь, момент трения в резьбе и на торце гайки равен (формула известна из любого учебника по деталям машин)

$$M_т = F_3\,[D_{ср}f/2 + d_2\,tg(\beta+\varphi')/2].$$

В этом выражении имеются внутренние неизвестные F_3, $D_{ср}$ и f', которые следует определить. Их значения определяются исходя из известных положений технических дисциплин. F_3- из формулы на прочность диаметра болта (детали машин); $D_{ср}$- из соотношений параметров болта (детали машин); φ'-приведенный угол трения в резьбе (теория механизмов и машин).

4 этап – Решение задачи. Итак, для нахождения силы P воздействия на гаечный ключ, необходимо определить «внутренние» неизвестные величины F_3, $D_{ср}$,φ',$M_т$.

Силу затяжки болта можно определить из формулы определения диаметра болта $d_1 = \sqrt{\dfrac{5,2F_3}{\pi[\sigma]}}$, отсюда сила затяжки равна $F_3 = \dfrac{\pi d_1^2[\sigma]}{5,2}$.

$$F_3 = \frac{3,14(6,647\cdot10^{-3})^2\cdot250\cdot10^6}{5,2} = 6669,8 \text{ Н.}$$

$D_{ср}$=1,4d=1,4·8=11,2 мм (из учебника «Детали машин», любого автора).

φ'= arc tgf′ = arc tg(f/cos30^0) = arc tg 0,173 = 9^{0}50′(Из любого учебника по теории механизмов и машин).

Момент трения в резьбе и на торце равен

$M_т = F_3\,[D_{ср}f/2 + d_2\,tg(\beta+\varphi')/2] = 6669,8\,[11,2\cdot10^{-3}\cdot0,15/2 + 7,143\cdot$

$\cdot10^{-3}tg(3^012'+9^050')/2] = 11,1$ Нм.

Наконец, сила, приложенная к гаечному ключу, равна

$P=M/L=11,1/\ 15\cdot8\cdot10^{-3}=92,5$ Н.

Такую силу к гаечному ключу может приложить даже школьник и тем самым разрушить болт.

5 этап – Проверка решения задачи. Проверку правильности решения задачи проводим по определению напряжений растяжения в болте и сравнении его с допускаемым.

$$\sigma = \frac{5,2F_3}{\pi d_1^2} = \frac{5,2\cdot6669,8}{3,14(6,647\cdot10^{-3})^2} = 251323000 \text{ Па=251,3 МПа.}$$

Действующее напряжение в болте больше предела текучести, следовательно, болт разрушится при действии на гаечный ключ с усилием 92,5 Н.

6 этап – Исследование задачи. Как видно из ответа на решение задачи, для того чтобы разрушить болт М8, необходимо к гаечному ключу приложить силу в 92,5 Н- сравнительно небольшая сила. Отсюда следует, что при пользовании гаечными ключами необходимо быть осторожным и не переусердствовать при завинчивании гаек. Для предотвращения срыва болта или чаще всего резьбы желательно пользоваться динамометрическим ключом. Как видно из задачи, решение ее шло от конца, затем через нахождение внутренних неизвестных, которые легко определялись из соответствующих разделов деталей машин и теории механизмов и машин, определилось искомое неизвестное. Таким образом, для решения задачи понадобились элементарные знания и понятия основных технических дисциплин, без которых решение было бы затруднительно.

Задача 2 Определить тяговое усилие на рукоятке механизма подъема с ручным приводом при подъеме груза массой 1 т. Диаметр барабана D=120 мм, длина рукоятки ℓ=300 мм, редуктор планетарный, z_1=16, z_4=32, η=0,98-КПД зубчатого зацепления, кратность полиспаста равна четырем, КПД блока полиспаста $\eta_{бл}$=0,98.

1 этап- Анализ задачи. Механизм подъема с ручным приводом включает полиспаст, планетарный редуктор, барабан и приводную рукоятку. Если говорить о принадлежности задачи к учебным дисциплинам, то здесь имеют место теория механизмов и машин (планетарный редуктор), детали машин и подъемные машины (полиспаст, лебедка). Задача в большей мере относится к нестандартным, поскольку в указанных дисциплинах нет стандартной последовательности для определения искомой величины, кроме того, она комплексная, так как включает различные механизмы

2 этап – Схематическая запись задачи. Для облегчения понимания, сущности задачи, представляем схему устройства (Рисунок 4.4) и схему планетарного зацепления шестерен (Рисунок 4.5), где показаны параметры

3 этап – Поиск способа решения задачи. В задаче требуется

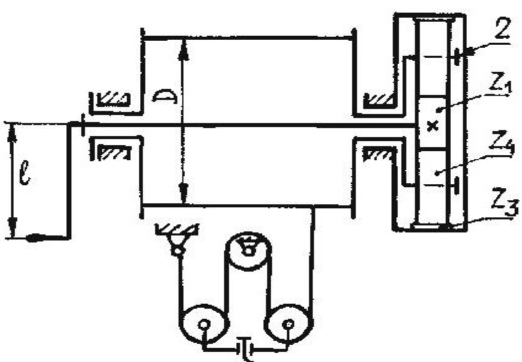

Рисунок 4.4 – Схема ручной лебедки устройства.

определить тяговое усилие на рукоятке, которое создает приводной момент, следовательно, зная этот момент и длину рукоятки (задана по условию), усилие легко находится. Решение задачи предполагается начать с конца, определяя внутренние неизвестные, входящие в формулу моментов (из теории механизмов и машин, подъемно- транспортирующих машин),

$$M_p = \frac{M_б}{u_p \eta_p \eta_б} = \frac{mgD}{2u_p \eta_p i_n \eta_n \eta_б}.$$

В число внутренних неизвестных входят: передаточное число u_p планетарного редуктора, КПД редуктора η_p, КПД полиспаста $\eta_п$, КПД барабана $\eta_б$. Эти составляющие определяются по соответствующим формулам из теории механизмов и машин, детали машин и подъемно-транспортирующие машины. Решение задачи основано на знаниях из вышеуказанных дисциплин.

4 этап – Решение задачи. Итак, сила приложения к рукоятке может быть определена как $P=M_p/\ell$, т. е. необходимо сначала определить момент на рукоятке. В формуле момента M_p имеются внутренние неизвестные, которые предварительно следует определить.

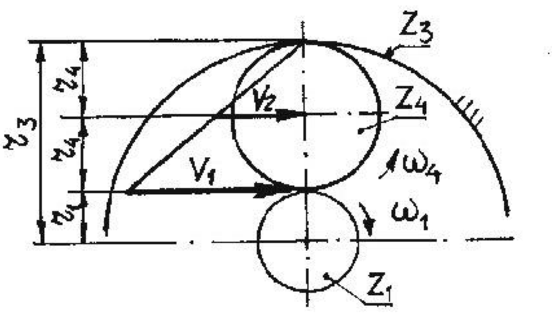

Рисунок 4.5 – Схема планетарного редуктора

Передаточное отношение планетарного редуктора u_p определяется исходя из положений теории механизмов и машин и оно равно

$$u_p = \frac{\omega_1}{\omega_2},$$

где ω_1- угловая скорость рукоятки с шестерней z_1, рад/с;

ω_2 – угловая скорость барабана - водила (оси колеса z_4), рад/с.

В соответствии с рисунком 4.5, угловая скорость водила (оси колеса z_4) определится

$$\omega_2 = \frac{v_2}{r_1 + r_4},$$

где v_2- окружная скорость оси колеса z_4, м/с;

r_1, r_4-радиусы колес, соответственно, z_1 и z_4, м.

Из рисунка 4.5 видно, что окружная скорость v_2 равна половине скорости v_1, т.е. $\mathbf{v_2=v_1/2=\omega_1 r_1/2}$.

Учитывая это, угловая скорость ω_2 будет равна

$$\mathbf{\omega_2=v_2/(r_1+r_4)=\omega_1 r_1/2(r_1+r_4).}$$

Тогда передаточное отношение редуктора будет равно

$$u_p = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{2\omega_1(r_1 + r_4)}{\omega_1 r_1} = \frac{2(r_1 + r_4)}{r_1}.$$

Так как $\mathbf{r_1=mz_1/2}$ и $\mathbf{r_4=mz_4/2}$, то передаточное отношение составит

$$u_p = \frac{2(z_1 + z_4)}{z_1} = \mathbf{2(16+32)/16=6.}$$

Представляет интерес определения передаточного отношения планетарного редуктора другим способом. Суть способа в том, что планетарный редуктор превращают в непланетарный и определяют передаточное отношение известным образом для обычных редукторов.

Чтобы превратить планетарный редуктор в непланетарный, необходимо чтобы все оси шестерен были неподвижны, для чего дополнительно сообщают всем звеньям редуктора угловую скорость ($-\omega_2$).

В результате звенья будут иметь следующие угловые скорости: звено 1 (рукоятка с шестерней z_1)- (ω_1- ω_2); звено 2 (барабан и водило) – (ω_2-ω_2)=0 будет неподвижно, станина; звено 3 (колесо z_3) имеет скорость (-ω_2).

Передаточное отношение непланетарного редуктора будет равно

$$u_{1/3} = \frac{(\omega_1 - \omega_2)}{-\omega_2} = 1 - \frac{\omega_1}{\omega_2} = 1 - u_p.$$

Отсюда передаточное отношение планетарного редуктора

$$u_p = 1 - u_{1/3}.$$

Передаточное число непланетарного редуктора определится через число зубьев колес, т.е. $u_{1/3} = -\frac{z_4}{z_1} \cdot \frac{z_3}{z_4} = -\frac{z_3}{z_1}$ и окончательно

$$u_p = 1 - (-\frac{z_3}{z_1}) = 1 + \frac{z_3}{z_1}.$$

Число зубьев z_3 колеса 3 определится (см. рисунок 4.5) $z_3=z_1+2z_4=16+2\cdot16=80$.

И передаточное число будет равно $\mathbf{u_p=1+ 80/16=6}$.

Определение КПД планетарного редуктора определяется исходя из отношений полезной и затраченной мощностей, т.е.

$$\eta_р = N_п/N_з = - M_2\omega_2 / M_1\omega_1 = - M_2/M_1u_р. \qquad (4.5)$$

Из условия равновесия моментов в редукторе (сумма внешних моментов, приложенных к редуктору, равна нулю), т.е. $\mathbf{M_1+M_2+M_3=0}$. Из этого выражения определяется $\mathbf{M_2 = -(M_1+M_3)}$.

Превратим опять планетарный редуктор в непланетарный. Поскольку давление одного звена на другое не зависит от выбора системы отсчета, то моменты в планетарном редукторе равны соответствующим моментам в непланетарном редукторе. Поэтому моменты удобнее определять в непланетарном редукторе. Так, момент на колесе 3 будет равен

$$\mathbf{M_3 = -M_1u_{1/3}\eta_{1/3}},$$

где $u_{1/3} = -z_3 / z_1$ –передаточное число непланетарного редуктора;

$\eta_{1/3} = \eta_{1/4}^n \eta_{4/3}^m =$ КПД зацепления (n, m-количество пар соответственно внутреннего и внешнего зацепления).

Тогда

$$M_2 = -(M_1 + M_3) = -M_1(1- u_{1/3}\,\eta_{1/3}).$$

И КПД планетарного редуктора определится, подстановкой M_2 в формулу (4.5), т.е.

$$\eta_p = -\frac{M_2}{M_1u_p} = \frac{-M_1(1-u_{1/3}\eta_{1/3})}{M_1u_p} = \frac{1-u_{1/3}\eta_{1/3}}{u_p}$$

где $u_{1/3}$-передаточное число непланетарного редуктора ($u_{1/3}=-z_3/z_1$);

$\eta_{1/3}$-КПД непланетарного редуктора ($\eta_{1/3} = \eta_{1/4}^n \eta_{4/3}^m$);

$u_р$- передаточное число планетарного редуктора.

$$\eta_p = \frac{1-(-80/16)\cdot 0{,}98^2 0{,}98^2}{6} = \frac{1+5\cdot 0{,}92}{6} = 0{,}93\cdot$$

Кратность полиспаста $\iota_п$ определяется по числу канатов, на которых висит подвижная обойма полиспаста, в нашем случае $\iota_п$=4.

Коэффициент полезного действия полиспаста $\boldsymbol{\eta_п}$ определяется формулой,

$$\eta_n = \frac{1+\eta_{бл}+\eta_{бл}^2+...+\eta_{бл}^{n-1}}{i_n}.$$

Примем значение КПД блока $\eta_{бл}$=0,98 и КПД полиспаста будет равно

$$\eta_n = \frac{1+0{,}98+0{,}98^2+0{,}98^3}{4} = \frac{3{,}88}{4} = 0{,}97$$

Коэффициент полезного действия барабана определится по числу опор вращения (подшипников), в нашем случае две опоры и $\eta_б$=0,98.

Наконец, момент на приводной рукоятке определится, Н·м,

$$M_p = \frac{mgD}{2u_p i_n \eta_p \eta_n \eta_б} = \frac{1000 \cdot 9{,}81 \cdot 120 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 6 \cdot 4 \cdot 0{,}93 \cdot 0{,}97 \cdot 0{,}98} = \frac{1177{,}2}{42{,}47} = 27{,}71 \text{ Н·м}$$

Сила, приложенная к рукоятке равна

$P = M_p/\ell$ = 27,71/0,3 = **92,36** Н.

5 этап- Проверка решения задачи. Проверку решения проведем через подсчет усилия на рукоятке в следующем виде.

Определяется момент на барабане как произведение усилия в канате на радиус барабана, т.е. $M_б = S_{max}D/2$.

$S_{max}=mg/\iota_п\ \eta_п=1000·9{,}81/4·0{,}97=2528{,}3$ Н.

И момент на барабане $M_б=2528{,}3·120·10^{-3}/2=151{,}68$ Нм.

Определяется момент на приводной рукоятке как

$M_р = M_б/u_р\eta_р\eta_б = 151{,}68/6·0{,}93·0{,}98 = 27{,}65$ Нм.

И усилие на рукоятке

$P = M_р/\ell = 27{,}65/0{,}3 = 92{,}18$ Н.

Усилие на приводной рукоятке, определенное в процессе основного решения, равно 92,36 Н, а при проверке решения усилие равно 92,18 Н, что подтверждает правильность решения задачи. Расхождение в 0,18 Н объясняется округлением знаков цифр после запятой, в основном решении таких округлений было у большего числа цифр.

6 этап- Исследование задачи. Задача, как видно из примера, имеет различные подходы к решению, в частности, два варианта определения передаточного отношения и момента на приводной рукоятке.

7 этап – Заключение. Задача охватывает несколько разделов общетехнических дисциплин: детали машин, теория механизмов, подъемные машины. На примере этой задачи теоретическая часть учебных дисциплин конкретно приближена к подъемному устройству, которое служит для выигрыша в силе.

Студентам предлагается самим определить выигрыш в силе данным устройством.

В заключении еще раз повторим, что же надо сделать, чтобы научиться решать задачи.

Во-первых, надо научиться анализировать сами задачи. Это значит, что нужно уметь расчленять задачу на элементарные условия и требования. А в каждом элементарном условии видеть объект и его характеристику, если же объектов в условии несколько, то выявить их отношение (связь). Нужно также установить характер каждого требования и тем самым определить вид задачи, ее тематику и дисциплину, к которой она относится.

Полезно придерживаться правила: ***пока не произведен полный, глубокий анализ задачи, не построена, если нужно, ее схематическая***

запись, не приступать к самому решению. Ибо поспешность в решении задачи вредна!

При построении схематической записи задачи надо широко использовать математическую символику, чертежи, рисунки, схемы, таблицы и т.д.

Во-вторых, надо хорошо понять, что решение любой задачи есть последовательное применение каких-то знаний к условиям данной задачи, получение тем самым из этих условий следствий (промежуточных решений) до тех пор, пока не получим такие следствия, которые являются ответами на требования (вопросы) задачи.

А для того чтобы получать эти следствия, надо хорошо знать и помнить все знания (определения, правила, формулы, теоремы, законы, аксиомы и т.д.) из общетехнических дисциплин (теоретическая механика, теория механизмов и машин, сопротивление материалов, детали машин и основы конструирования, подъемно- транспортирующие машины, гидравлика и т.д.) и математики.

В-третьих, надо уметь использовать разнообразные методы решения задач, хотя бы основные: разбиение задачи на подзадачи, преобразование (моделирование), метод вспомогательных элементов, метод решения с конца.

Может, конечно, случиться, что ни один из указанных методов не приводит к решению задачи. Тогда надо искать какой-то особый прием, ведь мы упоминали, что решение задачи подобно изобретению.

Но зато преодоление трудностей в поиске и решении задачи принесут студентам моральное удовлетворение и чувство собственной значимости, укрепят его веру и уверенность в постижении учебных, а затем и практических задач.

Нельзя научиться плавать, не залезая в воду, так и с решением задач, нельзя научиться решению, не решая задач.

Поэтому при решении какой-либо задачи, выполняемой преподавателем у доски, необходимо каждому студенту мысленно пробовать предугадать следующий ход решения. Если имеется расхождение с ходом преподавателя, не стесняясь, необходимо предложить свой вариант выполнения и обсудить его с участием преподавателя и других студентов, убедительно стараясь отстоять свое мнение, подкрепляя доказательными фактами.

Часто к решению задачи у доски приглашаются студенты, здесь легко устанавливается уровень их подготовки и ориентация в поисках решения, к поиску решения привлекаются и студенты аудитории. Коллективным мнением и обсуждением предлагаемых вариантов с анализом пригодности решения отыскивается правильный ход решения.

Такие индивидуально-коллективные поиски решения оказывают положительное усвоение той или иной темы решаемой задачи.

Надеемся, что студенты не только прочтут этот раздел, но и возьмут на вооружение основные принципы решения задач. Желаем успехов и удач во всех хороших начинаниях и делах.

5 О ДОКАЗАТЕЛЬСТВЕ

При ответах на экзаменационные вопросы, при защите лабораторных работ, а также собеседовании, студенты весьма часто не могут обосновать и, самое главное, доказать правильность своих высказываний.

На вопрос, какими фактами, какими доводами можно оперировать в пользу ответа, как правило, царит молчание студента.

На наш взгляд, в процессе учебы преподаватель обязан научить студентов давать доказательные ответы на поставленные вопросы. Сущность состоит в построении такой последовательности ранее доказанных и принятых в той или иной технической дисциплине и математике утверждений, прямым логическим следствием которых является утверждение, которое нужно было доказать.

Вообще, ***доказать какое-либо утверждение – это значит показать, что это утверждение является логическим следствием системы уже доказанных и принятых в науке утверждений (аксиом, теорем и т.п.).***

Каждый шаг доказательства обычно имеет такую структуру: а) доказанное ранее или принятое утверждение; б) условие вопроса задачи; в) логическое следствие из применения этого общего утверждения к данному вопросу, условию задачи.

Доказательства, построенные из таких шагов, обычно называют прямым доказательством.

Обратное доказательство (от требования к условию) можно характеризовать следующим общелогическим положением: ***если высказывание А и В противоположны и исчерпывают все возможности (т.е. возможны либо А, либо В и ничего другого), то если А истинно, то В ложно, и наоборот, если А ложно, то В истинно.***

Обратное доказательство не следует путать с доказательством от обратного. Сущность доказательства от обратного (противного) состоит в следующем.

Предполагается, что некоторое утверждение верно (обычно имеется в виду утверждение, противоположное тому, которое необходимо доказать). Из этого предположения делаются логические следствия до тех пор, пока не получается явное неверное (противоречивое) утверждение. Тогда делается заключение, что и предполагаемое утверждение также неверно.

Таким образом, доказательство от противного основано на следующем общелогическим положении: ***если из высказывания А следует высказывание В и высказывание В ложно, то ложно и высказывание А***.

По мнению некоторых ученых можно выделить два вида доказательств: доказательные и правдоподобные рассуждения.

Доказательные рассуждения являются надежными, неоспоримыми и окончательными, а правдоподобные – спорными и условными на данный момент времени.

Доказательные рассуждения в науке уже не могут давать новые знания об окружающем нас мире, т.к. имеют жесткие стандарты, модифицированные и выясненные логикой (формальной или доказательной логикой), являющейся теорией доказательных рассуждений.

Стандарты правдоподобных рассуждений текучи и изменчивы, и нет никакой теории таких рассуждений, которые могли бы по ясности сравниться с доказательной логикой или обладала бы сравнимой с ней согласованностью.

Следует отметить, что математика представляет хорошую возможность научиться доказательным рассуждениям, ибо математика рассматривается как доказательная наука.

В вузовских учебных планах, к сожалению, нет предмета, который давал бы сравнимую возможность научиться правдоподобным рассуждениям. По этой причине основная роль по науке доказательств должна реализоваться преподавателями, ведущими учебные курсы. Здесь уместно высказывание: «***Необходимо учиться доказывать и учиться догадываться***».

В процессе учебы студенты на поставленные вопросы должны стараться догадываться об идее доказательства ответа, прежде чем озвучить ответ в деталях. Здесь необходимо сопоставлять наблюдения и следовать аналогиям, пробовать формулировать логическое заключение.

Доказательство открывается с помощью правдоподобного рассуждения, с помощью догадки.

В обучении техническим дисциплинам в какой-то степени должно найтись место для догадки, для правдоподобного умозаключения, этому надо учить студентов и серьезно обращать на это внимание.

Серьезный студент изучающий разнообразные технические дисциплины, намеревающийся сделать механику делом своей жизни, должен учиться доказательным рассуждениям- это его профессия и отличительный признак его деятельности. Для настоящего успеха он должен учиться доказательным рассуждениям, от которых будет зависеть его творческая работа и продвижение по службе.

Кроме всего, умение доказывать свои доводы сыграет положительную роль и в современной жизни, тем более, что сегодняшний студент завтра будет руководителем коллектива.

Во всяком случае, человеку с высшим образованием, в какой бы области он не работал, следует научиться обоим типам рассуждений, доказательному и правдоподобному.

К сожалению, нет абсолютно гарантированного метода, позволяющего научиться догадываться. Действенное применение правдоподобных рассуждений есть практический навык и ему, как и всякому другому практическому навыку, необходимо учиться путем подражания и практики.

В науке, как и в повседневной жизни, встретившись с новой ситуацией, человек начинает, прежде всего, с какой-нибудь догадки. Первая догадка может не иметь успеха, но ее прорабатывают и в соответсвиии со степенью успеха как -то видоизменяют.

В конце концов, после нескольких проб и видоизменений, сопровождаемые наблюдениями и аналогиями, можно прийти к более удовлетворительной догадке.

Результат творческой работы будущего инженера-механика-доказательное рассуждение, доказательство, но доказательство открывают с помощью правдоподобных рассуждений, с помощью догадки. Отсюда следует, что догадкам должно быть обращено пристальное внимание, как при изучении технических дисциплин, так и в последующей работе и быту.

Обучение через догадки должно подготавливать студентов к процессу изобретения или давать некоторое представление об изобретении. В любом случае, обучение должно способствовать появлению ростков изобретательности.

А сейчас несколько примеров из учебной практики по доказательным ответам.

Пример 1. ***Чему равно передаточное отношение и передаточное число зубчатого ряда? Привести доказательный ответ***.

Многие студенты отвечают на этот вопрос с затруднением, однако после наводящих вопросов находят ответ, считая, что передаточное отношение равно произведению передаточных отношений всех передач, входящих в зубчатый ряд.

Какие доводы можно привести в доказательство этого, студенты практически ответить не могут, даже не знают с какого конца подойти к ответу.

Ддоказательство следует из определения передаточного отношения, которое формулируется как отношение частоты вращения ведущего вала к частоте вращения ведомого вала.

Следует напомнить, ***что зубчатой передачей называется зубчатый механизм, состоящий из двух зубчатых колес и стойки***.

Зубчатый механизм, состоящий из трех и более зубчатых колес (с неподвижными осями) и стойки, называется ***зубчатым рядом***.

В качестве конкретного примера приведем зубчатый ряд, состоящий из пяти зубчатых колес (Рисунок 5.1).

Зубчатые колеса в любом зубчатом ряду можно разделить на ведущие, ведомые и промежуточные.

Ведущие колеса получают движение через вал, а передают через зубья. В данном зубчатом ряду к ведущим колесам относятся $\mathbf{z_1}$ и $\mathbf{z_3}$.

Ведомые колеса получают движение от зубьев, а передают валу. К ведомым колесам относятся $\mathbf{z_2}$ и $\mathbf{z_5}$.

Промежуточные колеса и получают и передают движение через зубья. В этом ряду к промежуточным колесам относится $\mathbf{z_4}$. Промежуточные колеса сидят на оси, которое момент не передаёт.

Ведущие и ведомые колеса должны сидеть на валу жестко, т.е. вращаться вместе с валом.

Итак, данный зубчатый ряд состоит из трех зубчатых передач: $\mathbf{z_1}$ и $\mathbf{z_2}$, $\mathbf{z_3}$ и $\mathbf{z_4}$, $\mathbf{z_4}$ и $\mathbf{z_5}$.

Передаточное отношение (по определению доказательному и неоспоримому) $\mathbf{z_1}$ и $\mathbf{z_2}$ равно

$$\mathbf{u_{1/2}=\omega_1/\omega_2}.$$

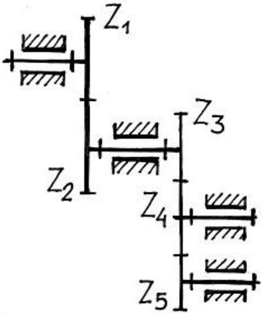

Рисунок 5.1 – Схема зубчатого ряда

(а)

Передаточное отношение передачи $\mathbf{z_3}$ и $\mathbf{z_4}$ равно $\mathbf{u_{3/4}= \omega_3/ \omega_4}$, поскольку $\mathbf{\omega_3= \omega_2}$,то $\mathbf{u_{3/4}= \omega_2/ \omega_4}$, из (а) имеем $\mathbf{\omega_2= \omega_1 / u_{1/2}}$ и $\mathbf{u_{3/4}= \omega_1/ u_{1|2}\, \omega_4}$, отсюда

$$\omega_4 = \frac{\omega_1}{u_{1/2}u_{3/4}}.$$

Передаточное отношение передачи $\mathbf{u_{4/5}= \omega_4/\omega_5=\omega_1/ u_{1/2}\ u_{3/4}\ \omega_5}$, и угловая скорость ω_5 будет равна

$$\omega_5 = \frac{\omega_1}{u_{1/2}u_{3/4}u_{4/5}}.$$

Передаточное отношение зубчатого ряда определится $\mathbf{u_{1/5}= \omega_1/\omega_5}$ или подставляя значение ω_5 имеем

$$u_{1/5} = \frac{\omega_1 u_{1/2}u_{3/4}u_{4/5}}{\omega_1} = u_{1/2}u_{3/4}u_{4/5}. \quad (5.1)$$

В общем случае (для любого зубчатого ряда) имеем

$$u_{1/n} = u_{1/2}u_{3/4}u_{4/5}...u_{(n-1)/n}. \quad (5.2)$$

Итак, ***передаточное отношение любого зубчатого ряда (последовательно соединенных передач) равно произведению передаточных отношений всех передач, входящих в зубчатый ряд***.

А как будет выражаться передаточное число зубчатого ряда? На этот вопрос студенты отвечать затрудняются, не могут ответить по аналогии вышеизложенного рассуждения.

Итак, **(***по определению***)** ***передаточное число зубчатой передачи (механизма) равно отношению числа зубьев ведомого колеса к числу зубьев ведущего колеса***.

Передаточное число каждой из передач будет равно:

$$\mathbf{u_{1/2} = z_2/z_1,\ \ u_{3/4} = z_4/z_3,\ \ u_{4/5} = z_5/z_4.}$$

Подставив значение передаточных чисел в формулу (5.1) имеем

$$u_{1/5} = \frac{z_2 z_4 z_5}{z_1 z_3 z_4}.$$

После сокращения числа зубьев промежуточного колеса окончательно имеем

$$u_{1/5} = \frac{z_2 z_5}{z_1 z_3}. \qquad (5.3)$$

Передаточное число любого зубчатого ряда последовательно соединенных передач равно дроби, числитель которой есть произведение всех чисел зубьев ведомых колес, а знаменатель – произведению всех чисел зубьев ведущих колес.

Отсюда следует, что промежуточные колеса на величину передаточного числа не влияют.

Таким образом, в данном примере доказательство ответа основано на достоверных определениях передаточного отношения и передаточного числа зубчатой передачи. Последовательно, переходя от одной передачи к другой, рассуждением доказывается определение передаточного отношения и передаточного числа зубчатого ряда. Доказательство ответа здесь не должно вызывать затруднений.

Задача 2. ***Предлагается определить с доказательством общую кратность двух последовательно соединенных полиспастов,*** *схема которых представлена на рисунке 5.2*.

Ответы студентов по этой схеме противоречивы, называется кратность, равная 7, 3, 4. На вопрос доказать справедливость той или иной цифры, ответа не следует.

Напомним, что кратность полиспаста определяется по числу канатов, на которых висит подвижная обойма (подвеска) полиспаста. Это определение касается индивидуального полиспаста, если же соединены последовательно два и более отдельных полиспастов, то их кратность равна произведению кратностей соединенных полиспастов.

Первый полиспаст – нижний, имеет кратность, равную трем. Верхний полиспаст имеет кратность четыре. Общая кратность схемы равна произведению кратностей двух полиспастов, т.е $3 \cdot 4 = 12$.

Как доказать справедливость этого утверждения, может правило определения общего передаточного отношения зубчатого ряда не подходит для схем соединения полиспастов?

Для доказательства правильности общей кратности определим максимальное натяжение ветви каната, наматываемого на барабан при подъеме груза массой 1000 кг.

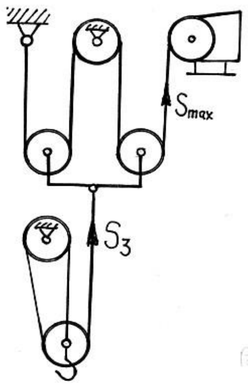

Рисунок 5.2 – Схема полиспастов

Максимальное натяжение каната в схеме двух полиспастов определится формулой

$$\mathbf{S_{max}=mg/i\eta}, \quad (5.4)$$

где m –масса поднимаемого груза, кг;

g –ускорение свободного падения, м/с^2;

i- кратность полиспаста;

η- КПД общей схемы полиспаста.

В свою очередь КПД общего полиспаста определяется произведением КПД соединяемых полиспастов, т.е. $\eta = \eta_1 \eta_2$.

КПД первого (нижнего) полиспаста определится известной формулой

$$\eta_1=(1+\eta_б+\eta^2_б)/i_1,$$

где $\eta_б$ –КПД блока (примем блок на подшипнике качения, его $\eta_б$=0,98).

$$\eta_1= (1+0{,}98+0{,}98^2)/3=0{,}98.$$

КПД второго (верхнего) полиспаста будет соответственно равно

$$\eta_2=(1+0{,}98+0{,}98^2+0{,}98^3)/4=0{,}97.$$

Общее значение КПД схемы равно $\eta = \eta_1 \eta_2=0{,}98\cdot0{,}97=0{,}9506$.

Максимальное значение натяжения в канате равно

$$S_{max}=1000\cdot9{,}81/12\cdot0{,}9506=9810/11{,}4012=\mathbf{859{,}98}\ Н.$$

В качестве проверки данного утверждения общей кратности полиспаста, определим максимальное натяжение в том же канате другим способом, решением отдельных полиспастов, кратность которых не вызывает никаких сомнений.

Сначала определим натяжение в ветви S_3 нижнего полиспаста по формуле (5.4)

$$S_3=1000\cdot9{,}81/3\cdot0{,}98=9810/2{,}94=3336{,}73\ Н.$$

Затем определим максимальное натяжение в ветви, наматываемой на барабан (натяжение во втором (верхнем) полиспасте), равное

$$S_{max}=3336{,}73/4\cdot0{,}97=3336{,}73/3{,}88=\mathbf{859{,}98}\ Н.$$

Как в первом, так и во втором случаях, максимальное натяжение в канате одинаково, следовательно, кратность общей схемы равна 12, что и требовалось доказать.

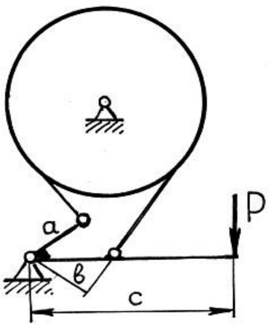

Рисунок 5.3 –Схема ленточного тормоза

Таким образом, кратность последовательно соединенных нескольких полиспастов равна произведению кратностей отдельных полиспастов.

Как видно, правило последовательно соединенных передач распространяется не только для зубчатого ряда, но и для полиспастов.

Задача 3 ***Определить силу давления P на рычаг ленточного суммирующего тормоза, схема которого показана на рисунке 5.3.***

Задача хотя и простая, но на некоторые ее аспекты студенты ответить затрудняются.

Многие студенты решают задачу в такой последовательности. Изображают схему рычага (Рисунок 5.4), к которому прикладывают неизвестную силу Р и силы натяжения в ветвях ленты $S_{нб}$ и $S_{сб}$. Далее составляется уравнение моментов всех сил относительно точки О (опоры рычага) в следующем виде,

$S_{нб}\cdot а + S_{сб}\cdot б - P\cdot c = 0$, откуда сила

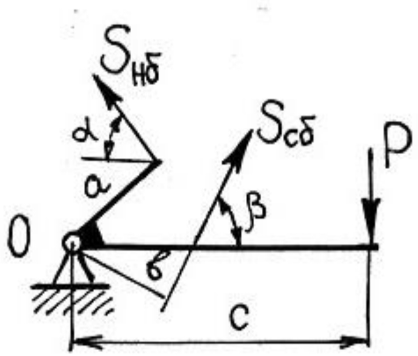

Рисунок 5.4 –Схема рычага тормоза

$$\mathbf{P = (S_{нб}\cdot a + S_{сб}\cdot б)/c.} \qquad (5.5)$$

Уравнение для определения силы Р составлено правильно, но когда задается вопрос «почему моменты сил берутся относительно точки О, почему не взяты моменты относительно других точек»- студенты ответить не могут.

Тогда как из теоретической механики раздела статики известно, что «***для равновесия произвольной системы сил необходимо и достаточно, чтобы сумма моментов всех сил относительно любого центра, лежащего в плоскости действия сил, было равно нулю***».

Согласно этому достоверному утверждению за центр моментов можно брать любую точку в плоскости действия сил. Доказать, почему за центр моментов взята точка О, студенты не могут.

При составлении уравнения равновесия студенты допускают грубейшую ошибку, которая заключается в нарушении последовательности выполнения стандартных шагов решения задач статики (см. п. 2.2.2). В правилах написано: «***Для решения необходимо привести схему или эскиз тела, равновесие которого рассматривается. Приложить внешние силы,*** **освободиться от связей и заменить их реакциями связей,** ***составить уравнение равновесия и определить искомую величину***».

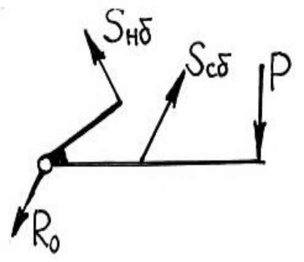

Рисунок 5.5 – Схема свободного рычага

В ответе студентов не до конца выполнен пункт ***«освобождение от связей и замена их реакциями связей»***.

Опора рычага также является связью, и эту связь также необходимо отбросить и заменить связь реакцией связи. Однако здесь есть трудность в том, что как величина реакции, так и ее направление неизвестны. Можно направить реакцию связи R_0 произвольно, как, например, показано на рисунке 5.5.

Для решения данной задачи реакция связи R_0 вообще не нужна, о ней нет речи и ее исключают из уравнения равновесия тем, что сумму моментов сил берут относительно центра О. Момент силы R_0 относительно центра О равен нулю, поскольку плечо силы равно нулю.

Именно по этой причине при определении силы Р за центр моментов принята точка О.

А если бы надо было определить и реакцию R_0, то как это можно было бы сделать?

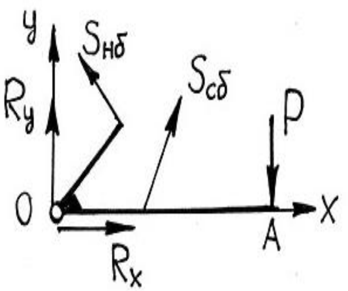

Рисунок 5.6- Схема сил рычага

Определить реакцию связи R_0 возможно, для этого реакцию разлагают на две составляющие, направленные по координатным осям, при этом направление составляющих силы R_0 выбираем произвольно. Направим, например, составляющие силы по положительным направлениям координатных осей (рисунок 5.6).

Далее составляются уравнения равновесия, для чего определяются суммы проекций всех сил на оси X и Y, которые должны равняться нулю, т.е.

$$\sum X=0 \qquad R_x - S_{нб}\cos\alpha + S_{сб}\cos\beta=0; \qquad (5.6)$$

$$\sum Y=0 \qquad R_y + S_{нб}\sin\alpha + S_{сб}\sin\beta - P = 0. \qquad (5.7)$$

Из уравнения (5.6) определяется $R_x = S_{нб}\cos\alpha - S_{сб}\cos\beta$.

В уравнении (5.7) две неизвестных силы R_y и P, поэтому необходимо составить еще одно уравнение, например, взять сумму моментов всех сил относительно либо центра О, либо центра А. Относительно центра О уже была определена сумма моментов всех сил (см. выражение 5.5), т.е.

$$P = (S_{нб}\cdot a + S_{сб}\cdot б)/c.$$

Теперь значение силы P подставляется в уравнение (5.7) и определяется сила R_y

$$R_y= P - S_{нб}\sin\alpha - S_{сб}\sin\beta.$$

Таким образом, силы R_x и R_y определены, если их знаки не изменились, то направление их выбрано правильно, если же одна из сил или обе силы изменили знаки на противоположные, то направление следует изменить на противоположное.

Зная составляющие силы R_x и R_y, определяется и реакция R_0, которую можно определить геометрически или алгебраически.

При геометрическом определении в определенном масштабе во взаимно перпендикулярных направлениях откладываются силы R_x и R_y и определяется результирующая, как диагональ прямоугольника, построенного на силах R_x и R_y. Величина реакции определяется по длине диагонали в том же масштабе, в каком откладывали силы R_x и R_y.

Алгебраически величину реакции определяют по выражению

$$R_0 = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}\ .$$

Таким образом, задача легко решается как по определению силы P, так и реакции R_0. Достоверность определения неизвестных сил и доказательство определения не вызывают сомнений.

Задача 4. ***Чему равно КПД ряда механизмов, соединенных последовательно и параллельно? Привести достоверные доводы.***

Если первый вопрос о КПД последовательно соединенных механизмов особых трудностей у студентов не вызывает, то с

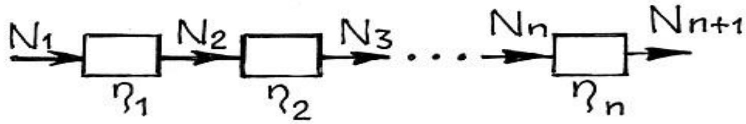

Рисунок 5.7 – Схема последовательно соединенных механизмов

доказательством этого утверждения ничего не получается. На второй вопрос о КПД параллельно соединенных механизмов ответа нет.

Разъясним ответы на эти вопросы, они вообщем не сложные, поскольку доказываются логическим рассуждением и понятиями, не вызывающими сомнения.

Итак, что такое КПД, знают практически все студенты, но как доказать, что КПД последовательно соединенных механизмов равно произведению КПД отдельных механизмов не знают, и не могут даже предположить с какой стороны подойти к доказательству.

На рисунке 5.7 условно показано **n** последовательно соединенных механизмов, у которых известно КПД каждого механизма. Движущая сила (затраченная) приложена к первому механизму, а сила полезного сопротивления (полезная) приложена к последнему механизму.

Мощность движущей силы (затраченная мощность) равна N_1, часть этой мощности пойдет на преодоление вредных сопротивлений в первом механизме, которые оцениваются КПД этого механизма, равного $\eta_1 = N_2/N_1$,

где N_2 – полезная мощность первого механизма и из определения следует, что

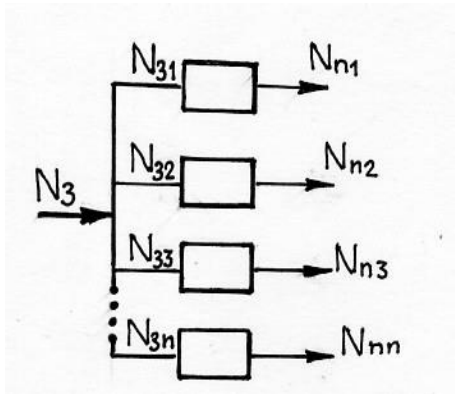

Рисунок 5.8 – Схема параллельно соединенных механизмов

$\mathbf{N_2 = \eta_1 N_1}$. (5.8)

В то же время N_2 есть затраченная мощность движущих сил второго механизма, а N_3 – полезная мощность сил полезных сопротивлений и $\eta_2 = N_3/N_2$, или $N_3 = \eta_2 N_2$, подставив значение мощности N_2 из выражения (5.8) имеем

$$\mathbf{N_3 = \eta_1 \eta_2 N_1}.$$

Мощность N_3 теперь будет движущей (затраченной) по отношению к третьему механизму, у которого полезная мощность равна N_4. КПД третьего механизма

$\eta_3 = N_4/N_3$ или $\mathbf{N_4 = \eta_3 N_3}$**,** подставляя значение $\mathbf{N_3 = \eta_1 \eta_2 N_1}$, имеем, $\mathbf{N_4 = \eta_1 \eta_2 \eta_3 N_1}$**.**

Рассуждая аналогично, мощность (полезная) сил полезных сопротивлений **n** механизма будет равна $\mathbf{N_{n+1} = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \ldots \eta_n N_1}$.

Теперь можно определить КПД все цепи последовательно соединенных механизмов, используя известное определение КПД, т.е.

$$\boldsymbol{\eta} = N_{n+1}/N_1 = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \ldots \eta_n N_1/N_1 = \boldsymbol{\eta_1 \eta_2 \eta_3 \ldots \eta_n}. \qquad (5.9)$$

Анализ формулы (5.9) показывает, что чем больше механизмов в последовательной цепи, тем меньше их общий КПД. Кроме того, если i-й механизм обладает малым КПД, равным η_i, то общий КПД будет меньше меньшего КПД одного механизма $\eta < \eta_i$, поэтому желательно, чтобы ни один механизм цепи не обладал особенно низким КПД.

При параллельном соединении **n** механизмов (Рисунок 5.8) движущая мощность $N_з$ (затраченная) приложена к общему приводу всех механизмов, а мощность полезных сопротивлений – к каждому отдельному механизму (полезная мощность).

В каждом из механизмов происходят потери мощности на вредные сопротивления и полезная мощность каждого из механизмов определится выражением (5.8), т.е.

$$\mathbf{N_{п1} = \eta_1 N_{з1}, \quad N_{п2} = \eta_2 N_{з2}, \ldots \quad N_{пn} = \eta_n N_{зn}}.$$

Общая мощность полезных сопротивлений (полезная мощность) будет равна сумме мощностей полезных сопротивлений отдельных механизмов, т.е.

$$\mathbf{N_п = \sum N_i = \eta_1 N_{з1} + \quad \eta_2 N_{з2}, \ldots \ + \eta_n N_{зn}}.$$

Общая движущая (затраченная) мощность равна

$$N_з = \sum N_i = \mathbf{N_{з1} + \quad N_{з2} + N_{з3} + \ldots + N_{зn}}.$$

КПД всей цепи механизмов при параллельном их соединении определится

$$\eta = \frac{N_n}{N_3} = \frac{\eta_1 N_{31} + \eta_2 N_{32} + \cdots + \eta_n N_{3n}}{N_{31} + N_{32} + \cdots + N_{3n}}. \qquad (5.10)$$

Анализ формулы (5.10) показывает, что низкий КПД отдельного механизма меньше влияет на величину КПД всей цепи механизмов, чем при последовательном их соединении, поскольку КПД всей цепи будет выше, чем самый низкий КПД, и ниже, чем самый высокий КПД отдельных механизмов, т.е.

$$\eta_{min} < \eta < \eta_{max}.$$

Как видно из изложенного, доказательство значения КПД механизмов при их последовательном и параллельном соединениях вытекает из доказательных рассуждений, терминов и понятий, относящихся к данной теме.

Задача 5. ***Вопрос - почему у блока подвижного значение КПД больше, чем у неподвижного, привести доказательство*?**

Вопрос многих студентов ставит в тупик, ибо, по их мнению, КПД блоков одинаковы и не зависят от того, подвижный он или неподвижный. На предложение обосновать и доказать это высказывание или опровергнуть - ответа нет.

Тогда студентам задаются наводящие вопросы. Опять же старый вопрос, что означает КПД? Отвечают – КПД оценивает потери на вредные сопротивления. Далее вопрос - какие вредные сопротивления преодолеваются в блоке? В блоке имеются сопротивление в цапфе блока и сопротивление жесткости каната при его огибании диаметра блока. Цепочка рассуждений правильная. Теперь необходимо выявить значение КПД подвижного и неподвижного блоков и дать доказательный ответ. Приводим пример доказательства.

Сначала рассмотрим значение КПД в неподвижном блоке, схема которого представлена на рисунке 5.9. Здесь P – тяговое (затраченное) усилие, а Q –полезное. Блок вращается с угловой скоростью ω в сторону тягового усилия, а груз поднимается со скоростью v.

Поскольку канат обладает определенной жесткостью, при огибании блока он отклоняется от вертикального положения на величину **а** как на набегающей, так и сбегающей ветвей. Эти отклонения **а** носят название ***плеч жесткости гибкой связи***. Они зависят от конструкции каната: диаметра, числа прядей в канате, числа проволочек и их диаметра, материала проволочек. Эти отклонения будут составлять сопротивление жесткости каната или вообще гибкой связи и носят название пар сопротивления жесткости. Кроме жесткости каната, в цапфе возникают силы трения.

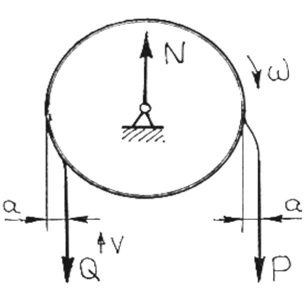

Рисунок 5.9 -Схема неподвижного блока

С учетом сопротивления

жесткости каната и трения на оси КПД неподвижного блока определится выражением

$$\boldsymbol{\eta_{нб}=1-\varphi_{нб}},$$

где $\varphi_{нб}$ – коэффициент потерь неподвижного блока.

Коэффициент потерь определяется через затраты мощности

$$\boldsymbol{\varphi_{нб}=(N_ж+N_ц)/N_д}, \qquad (5.11)$$

где $N_ж$- мощность сопротивления жесткости каната;

$N_ц$- мощность трения в цапфе;

$N_д$ – мощность движущая.

Мощность сопротивления жесткости каната определится

$$\boldsymbol{N_ж=Pa\omega+Qa\omega.}$$

Мощность трения в цапфе равна

$$\boldsymbol{N_ц=f'\,N\,v_ц},$$

где f'- приведенный коэффициент трения в цапфе;

N- нормальная реакция в цапфе;

$V_ц$- окружная скорость в цапфе.

Необходимо привести составляющие формул к единым измерениям, т.е.

$$\omega=2v/D,\ v_ц=vd/D,\ \ P=Q,\ N=P+Q=2P.$$

Принимая во внимание, приведенные значения и подставляя их в выражение (5.11), имеем

$$\varphi_{нб}=(2Pva/D+2Pva/D+2Pvf'd/D)/Pv=\mathbf{4a/D+2f'd/D}.$$

Коэффициент 2a называется коэффициентом жесткости и обозначается через ξ, таким образом, коэффициент потерь в неподвижном блоке равен

$$\boldsymbol{\varphi_{нб}=2\xi/D+2f'd/D}.$$

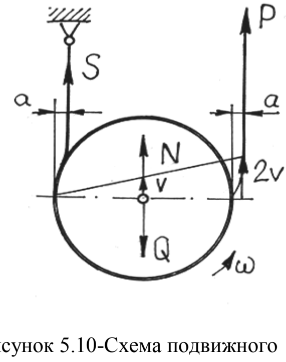

Рисунок 5.10-Схема подвижного блока

Итак, потери в неподвижном блоке зависят от коэффициента жесткости каната, приведенного коэффициента трения в цапфе и диаметров блока и цапфы. Определим теперь потери в подвижном блоке, изображенном на рисунке 5.10.

Здесь те же составляющие: P-тяговое усилие, Q–полезное сопротивление, S –натяжение ветви закрепленного каната, a–плечо жесткости, v- скорость подъема груза, ω – угловая скорость блока.

Коэффициент потерь подвижного блока определится по тому же выражению 5.11. Отличие составляющих формулы подвижного блока состоит в следующем: реакция в цапфе N равна силе веса груза, т.е. N=Q; канат движущей силы P движется со скоростью 2v.

Угловая скорость блока также равна $\omega = 2v / D$, скорость в цапфе $v_ц=vd/D$, P=S. Коэффициент потерь будет равен

$\varphi_{пб}=(2Pva/D +2Pva/D +2Pvf'd/D) / 2Pv =$ **$2a/D +f'd/D$.**

С учетом $2a=\xi$, имеем

$$\boldsymbol{\varphi_{пб}=\xi/D +f'd/D}. \tag{5.13}$$

Коэффициент жесткости имеет следующие значения:

для пеньковых канатов $\xi=(0,06…0,12)d^2$;

для канатов металлических $\xi=(0,10…0,15)d$. Здесь d –диаметр каната в см.

Как видно из выражения (5.13), потери в подвижном блоке в 2 раза меньше потерь в неподвижном блоке, т.е. $\boldsymbol{\varphi_{пб} =0,5\ \varphi_{нб}}$.

КПД неподвижного блока составит

$$\boldsymbol{\eta_{нб}=1–\varphi_{нб}}. \tag{5.14а}$$

КПД подвижного блока

$$\boldsymbol{\eta_{пб}= 1 – \varphi_{пб}}. \tag{5.14б}$$

Пример. ***Диаметр блока D=250 мм, диаметр цапфы d =25 мм, диаметр стального каната 10 мм (ξ=(0,10…0,15)d=0,1·1=0,1 см=1 мм), приведенный коэффициент трения в цапфе f'=0,1. Определить КПД подвижного и неподвижного блоков***.

Потери в неподвижном блоке равны

$\boldsymbol{\varphi_{нб}} = 2\xi / D +2f'd / D=2·1/250 + 2·0,1·25/250=$**0,008 + 0,02=0,028**

Потери в подвижном блоке $\boldsymbol{\varphi_{пб}} =0,5\ \varphi_{нб}$**=0,5·0,028=0,014.**

КПД неподвижного блока $\boldsymbol{\eta_{нб}= 1 – \varphi_{нб}=1-0,028=0,972}$.

КПД подвижного блока $\boldsymbol{\eta_{пб}= 1 – \varphi_{пб}= 1-0,014=0,986}$.

Таким образом, хотя потери в подвижном блоке в два раза меньше потерь неподвижного блока, КПД подвижного блока больше только на 0,014 КПД неподвижного блока.

Как видно из данной задачи, доказательство строилось на последовательных шагах, известных из общетехнических дисциплин положений о трении, мощности трения, КПД, потерях.

При доказательствах, как показано в приведенных примерах, числа часто рассматриваются как символы наиболее высокой достижимой достоверности. Вычисления во многих отношениях зависят от правдоподобных рассуждений.

Поскольку доказательство достигается последовательностью ряда шагов, то может в одном из них вкрасться ошибка и окончательный результат может быть неверным. Как избежать ошибок?

Здесь можно предложить вычисление с помощью двух отличающихся друг от друга способов. Если эти два вычисления дадут различные результаты, то, по крайней мере, один из них неверен, или оба неверны.

Если два вычисления дают одинаковый результат, то это верный признак правильности доказательного решения.

Практика решения задач может подсказать, что аналогия и частные случаи могут быть полезны и в отыскании и в понимании доказательств.

С помощью аналогии могут быть подсказаны или сделаны более ясными общий план или значительные части доказательства.

Следует обратить внимание студентов на некоторые соображения, облегчающие обоснование доказательств. Речь идет о наблюдениях. «***Наблюдение является обильным источником открытий, как в мире субъективных феноменов, так и в мире реальных явлений, воспринимаемых нашими чувствами»*** - так высказывался математик Шарль Эрмит.

Наблюдение может привести к открытию, ибо имеет своей целью обнаружить какой-нибудь регулярно повторяющийся факт, схему или закон.

Наблюдение может служить трамплином для обобщения и предложения, но оно не является доказательством.

Наблюдение имеет больше шансов привести к заслуживающим внимания результатам, если оно направляется какой-нибудь удачной мыслью или идеей.

Если возникли предположения, то следует попытаться проверить их на частных случаях и на тех фактах, которые из них следуют.

Следует проверить тщательное различие между намеком на доказательство и самим доказательством, между предположением и фактом.

Примеры и замечания, изложенные в этом разделе, могут быть полезны студентам в следующих отношениях.

Во-первых, они могут привить им вкус к техническим дисциплинам, так как открывают возможность для самостоятельного, творческого познавательского процесса.

Во-вторых, они способствуют пониманию и использованию знания многих общетехнических и специальных дисциплин, умению рассматривать и применять знания в единстве и тесном взаимодействии.

В третьих, они открывают перед студентами один из главных аспектов математики и теоретической механики, столь же важный, сколь редко упоминаемый: математика с общетехническими науками предстает разновидностью «экспериментальной науки», в которой наблюдение (эксперимент), обработка результатов, обоснованные

выводы и заключение должны привлекать будущих инженеров и молодых ученых.

Доказательным ответам и суждениям студентам необходимо учиться на многочисленных собеседованиях, зачетах и экзаменах, изучаемых в стенах аграрного университета. Желаем успеха!

6 ОБ ОБУЧЕНИИ

В этом разделе речь пойдет о самом главном в подготовке специалистов – об обучении.

Когда думаешь об этом, в первую очередь выдвигается временной фактор. Имеются в виду годы учебы в средней школе, затем в вузе. Итого набирается около шестнадцати лет. Шестнадцать непрерывных лет молодой человек учится – это впечатляет.

И вот законный вопрос – чему научился студент 3 и 4 курсов за эти годы? Именно такой вопрос много раз задавался студентам, как на лекционных, так и на практических и лабораторных занятиях – ни один студент не мог дать сколь нибудь определенный ответ – чему его научили за эти годы?

Этот вопрос явно ставил в тупик студентов, возможно, они никогда об этом и не задумывались.

Действительно, чему же учат в вузе, в частности, на факультетах механизации и технического сервиса?

На этот вопрос можно ответить «казенным языком», на каждую специальность и на каждую изучаемую дисциплину вузовской программы имеются многочисленные требования к уровню усвоения, разделенные на две группы: студент должен знать …, студент должен уметь …. Все расписано правильно, но практического воплощения не находит.

Здесь очень много причин, лежащих как в основе школьного образования, так и вузовского, анализ которых не входит в нашу задачу.

Несомненно, что обучение во многом и в большей мере зависит от преподавателей вуза. Невозможно осмысленно обсуждать процесс обучения без убеждения того, ***что является целью обучения***.

Мы считаем, что через преподавание любой учебной дисциплины вуза необходимо, прежде всего, и это, бесспорно, самое главное – **нужно научить студентов думать**.

Воспитание мыслительных способностей у студентов мы считаем первоочередной целью курсов «Детали машин».

Наш лозунг «Учить думать» означает, что преподаватель должен служить не только источником информации, но обязан также развивать способности студентов по использованию этой информации, развивать у студентов умение осмысленно воспринимать изучаемый материал, уметь использовать знания в практических целях, находить возможные области применения в других разделах техники.

Как уже упоминалось, мышление опирается не только на аксиомах, законах, определениях и строгих доказательствах, но включает в себя и многое другое: обобщение рассмотренных случаев, применение индукции, использование аналогии, раскрытие или выделение математического содержания того или иного раздела дисциплины, умение анализировать значение формул, знать размерности составляющих формул, какую информацию они несут, какую точность имеют, как использовать формулы для практики и т.п..

Многовековым опытом сформулировались, подтверждены мнениями великих людей и продиктованы исследованием психологов в основном три принципа обучения.

К первому принципу обучения отнесено активное изучение. Общепризнано, что изучение должно быть активным, а не пассивным или рецептивным, т.е. основанным на одном лишь восприятии; ограничиваясь слушанием лекций, чтением методичек не более, не сопровождаемые собственной активной интеллектуальной деятельностью.

Этот принцип можно охарактеризовать такой формулировкой: «***Лучший способ изучить что-либо – это открыть самому***».

Немецкий физик Лихтенберг высказал следующее мнение: «***То, что вы были принуждены открыть сами, оставляет в вашем уме дорожку, которой вы сможете снова воспользоваться, когда в том возникнет необходимость***».

То, что излагает преподаватель на лекциях, практических занятиях и лабораторных работах, конечно важно, но гораздо важнее то, что думают и воспринимают студенты. Необходимо увлечь студентов излагаемой темой, например, используя форму диалога там, где это возможно.

Такая форма позволяет проверить уровень знаний студентов по многим вопросам, а так же заинтересовать их и дать им возможность внести свой вклад в изучение темы и побуждает их к активному и сознательному усвоению. Необходимо стремиться к тому, чтобы студенты могли осознанно следить за ходом изложения преподавателем как бы параллельно, мысленно ставя себя на место преподавателя и делая последующие шаги, совпадающие или отличные от преподавателя. « А я так бы излагал материал или иначе?»- таким мысленным сравнением желательно сопровождать излагаемое преподавателем.

Второй принцип обучения – наилучший стимул, заключающийся в том, что учащийся кроме активности должен иметь стимул к умственной деятельности. Самым хорошим стимулом для учения является интерес, который вызывает у студентов изучаемый материал.

Для эффективности изучения студенты должны интересоваться изучаемым материалом, находить удовольствие в самом процессе изучения.

Долг преподавателя, как поставщика знаний, и состоит как раз в том, чтобы убедить студентов в интересе к изучаемому предмету, раскрыть его важность в его профессиональной деятельности.

Для стимулирования творческих усилий студентов желательно дать им какие-то основания предполагать, что эти усилия не пропадут впустую, а дадут им возможность повысить уровень знаний, а знание – это сила.

Третий принцип изучения – последовательность фаз изучения. На это счет следует напомнить изречение Канта: «***Всякое человеческое познание начинает с созерцания, переходит от них к понятиям и заканчивает идеями***».

Можно выделить три фазы действий: ***исследование, формализация и усвоение.***

Первая фаза характеризует восприятие и развертывается, прежде всего, на интуитивном или эвристическом уровне.

Вторая фаза формализации связана с созданием терминологий, определений и доказательств. Фаза формирует основные аспекты понятия.

Третья фаза усвоения характеризует сам процесс усвоения, на этой стадии изучаемый материал должен быть принят студентами осознанно, войти в систему их знаний и расширить умственный кругозор.

Следует отметить, что отмеченные три принципа обучения прослеживаются и в трех фазах в историческом развитии различных отраслей знаний (теорий, концепций).

В первой фазе, исследовательской, на основе опыта и экспериментальных данных возникают первые, неполные или даже ошибочные идеи.

Во второй фазе, формализации, накопленные данные систематизируются, вводится подходящая терминология, выявляются закономерности.

В третьей фазе, освоения, найденные закономерности рассматриваются с более общей точки зрения, обобщаются и определяются приложения в практике.

В связи с этим, в системе обучения есть целесообразность чтения произведений великих авторов, чтение ЖЗЛ (жизнь замечательных людей). Вот как писал по этому поводу Джеймс Максвелл: «***Изучающему любой предмет чрезвычайно полезно читать оригинальные мемуары, относящиеся к этой теме, потому что знание усваивается наиболее полно только тогда, когда видишь процесс его зарождения***».

При чтении мемуаров, обучаемый проходит путь, которым следовали первооткрыватели и как бы вторично, вместе с ними открывает то, что изучает.

Любое знание условно состоит из «чистого знания» или информационного и из «умения распорядиться знаниями».

Уровень знаний обычно оценивается четырьмя ступенями, считается, что учащийся (студент) изучал материал, причем, по стадиям, с каждым новым шагом улучшая свое понимание изучаемого.

Первая ступень – студент выучил материал наизусть, приняв его на веру, может им пользоваться и применять на практике. Эта стадия называется ***механическим усвоением*** материала.

Вторая ступень – студент испробовал изучаемый материал в простейших частных случаях, где, как он убедился, всегда дает верный результат. Это- ***стадия индуктивного понимания материала***.

Третья ступень – студент понял доказательство изучаемого материала. Это – ***стадия осмысленного понимания изучаемого материала***.

Четвертая ступень – студент полностью усвоил изучаемый материал и настолько уверен в нем, что у него не осталось ни следа сомнений в его правильности. Это – ***стадия внутреннего понимания изучаемого материала***, хорошо закрепленного, хорошо увязанного и сцементированного, одним словом, хорошо организованного знания.

В Правилах для руководства ума Декарта отмечено: «***В предметах нашего исследования надлежит отыскивать не то, что о них думают другие или что мы предполагаем о них сами, но то, что мы ясно и очевидно можем усмотреть или надежно дедуцировать, ибо знание не может быть достигнуто иначе***».

Поясняя это правило, Декарт последовательно рассматривает два пути познания- ***интуицию и дедукцию***.

Дедукция представляется Декарту цепочкой заключений, рядом последовательных шагов. Для справедливости дедукций требуется только интуитивное понимание того, что заключение, полученное в результате каждого из этих шагов, вытекает и необходимо следует из ранее приобретенных знаний.

При обучении студентов желательно делать упор как на интуицию, так и на дедукцию.

Умение – это способность использовать имеющиеся сведения (информацию) для достижения практических целей, умение также можно характеризовать как совокупность определенных навыков, умение методически работать. Известно изречение на этот счет: «***Знание без умения - ничто***».

В общетехнических дисциплинах умение – это способность решать задачи, проводить доказательные рассуждения, критически анализировать полученные решения и доказательства, применять теоретические знания в практических целях.

Несомненно, что обучение должно сопровождаться не только изложением информации того или иного предмета, но, самое главное, должен делаться упор на использование этой информации в конкретных целях. Должна быть связка: ***знание- умение***.

Независимо от того, где в будущем будет работать сегодняшний студент, он должен максимально извлечь пользу из того, что он изучает в общетехнических и специальных дисциплинах.

Программа изучаемых дисциплин в технических вузах (в том числе и КГАСУ) составлена достаточно разумно. Студенты изучают множество технических дисциплин, могущие дать высокий уровень знаний во многих разделах техники, причем эти знания необходимы не только как специалисту, но и как будущему главе семьи. Сегодня даже бытовая техника имеет сложные электрические схемы, разобраться в которых помогут знания электротехники, которую студенты изучают достаточно полно, а какой широкий диапазон практических знаний можно почерпнуть из более 10 лабораторных работ по электротехнике.

То же самое можно говорить и о других дисциплинах, например, теплотехники, гидравлики, метрологии, сопротивлении материалов, теоретической механики, детали машин и других.

Если бы студенты осознанно освоили стандартные объемы этих дисциплин, они могли бы ввести «в краску» любого из профессоров отдельных дисциплин.

Еще раз вернемся к общему времени обучения студентов, к 3 и 4 курсам это уже 14-15 лет обучения. Это большой отрезок времени, за который можно было бы многому научиться. Но желаемое далеко от действительности. Где же промах обучения?

Исходным пунктом в обучении студентов в вузе является ***уровень развития выпускников средних школ.***

Без знания уровня развития учащихся невозможно их правильное обучение. В последние годы резко понизился уровень знаний учащихся средних школ, особенно сельских, где остро ощущается нехватка учителей, что даже некоторые предметы вообще не изучаются.

Вчерашние школьники становятся студентами. Метод обучения в вузе существенно отличается от школьного. В вузе студентам читаются лекции, проводятся практические и лабораторные работы и контроль знаний проводится в основном в период сессии.

Если учесть слабую подготовку выпускников школ и большой объем лекционного материала по общеобразовательным дисциплинам, который явно не усваивается студентами, то результат от такого обучения практически нулевой.

Маховик лекций запущен – усваивается или не усваивается теоретический материал – остановок лекций нет. Студент со слабой подготовкой совершенно не осваивает изучаемые учебные дисциплины. Далее идет лавинообразное непонимание читаемых дисциплин и их неусвоение, и брак в обучении.

Здесь нарушен ***основной принцип в обучении – принцип основательности***, который общепризнан и должен выполняться.

Противоположность основательности составляет поверхностность, разбросанность, верхоглядство – это враги обучения.

Что здесь можно рекомендовать? Ответ весьма прост: «***Лучше знать немного, но хорошо, и даже вовсе не знать что-либо, чем знать плохо***».

Отсюда следует правило: ***начинай обучение, исходя из уровня развития обучаемого, и продолжай его последовательно, непрерывно и основательно***.

Следующие рекомендации содержат четыре родственных друг другу правила: «***Переходи от близкого к далекому, от простого к сложному, от более легкого к более трудному, от известного к неизвестному***». Эти принципы понятны, общепризнанны и не требуют доказательств.

Сюда следует отнести рассмотрение каждого изучаемого предмета со всех сторон, т.е. стремиться к многостороннему его изучению. Больше приносит пользы рассмотрение одного и того же предмета с десяти различных сторон, чем обучение десяти различных предметов с одной стороны. Ибо не в количестве знаний заключается образование, но в полном понимании и искусном применении всего того, что знаешь.

Ярким примером этого может служить изучение основ теоретической механики, положения и законы которой широко используются в практике многих общетехнических дисциплин: сопротивление материалов, детали машин, теория механизмов и машин, расчетный курс по сельскохозяйственным машинам и т.д..

Следующее важное правило – ***осваивай главным образом основы изучаемой дисциплины***. Это правило относится к основательности и обуславливает уровень знаний. Кто не заложит надлежащей основы, осужден на поверхностное и легкомысленное отношение к действительным основам дисциплины. Учащиеся не уверены в ответах и действиях, теряют интерес и доверие к предмету, да и к преподавателю, а вместе с тем всякую охоту и любовь к учению.

Это правило равносильно «закладке прочного фундамента», ибо целесообразность изучения «на самом прочном основании» вполне оправдано и необходимо, поскольку этим достигается высшая степень ясности и достоверности.

К сожалению, основы различных дисциплин не только не усваиваются, но некоторые студенты не могут даже ответить на вопрос, что изучает, например, сопротивление материалов, детали машин, и т.д.

Необходимо в достаточной мере добиваться от студентов правильно устно излагать изучаемый материал (ответы на задаваемые вопросы), ясно и логично строить предложения.

У студента должно войти в привычку все, что он слышит и изучает, выражать мысленно про себя в правильных предложениях. Ибо учащийся знает хорошо только то, что умеет правильно выразить.

Отсюда первая ступень усвоения: понимание того, что излагает преподаватель, ход мыслей его; вторая – воспроизведение изложенного про себя мысленно и словами; третья – связное изложение вслух; высшая ступень – способность развивать в других тот же ход мыслей посредством вопросов.

Ясность изложения заключается в устранении всего двусмысленного и неопределенного, как и всего не относящегося к делу.

Таким образом, в обучении студентов необходимо добиваться правильного построения речи, обязательно следует заставлять излагать ход мыслей в связном и последовательном порядке, и ни в каком другом. С обратным никак нельзя мириться! Иначе никогда не появится ясность и прочность знаний, отчетливость суждений и последовательность выводов.

Немаловажную роль ***в обучении играет дисциплина – обязательное для всех студентов подчинение установленному порядку, правилам***.

Во-первых, необходимым первичным условием освоения того или иного предмета является посещение академических занятий: лекций, практических и лабораторных работ. Стопроцентного посещения занятий практически не бывает. Почти закономерно, что не посещают как раз те студенты, которые имеют слабейшую школьную подготовку. Вопрос, как же они сдают экзамены, зачеты? Многих таких студентов исключают, но некоторым после двух-трех попыток сдачи ставят положительную оценку, заметим, не за знания, а за назойливость и нахальство.

Во-вторых, необходима дисциплина сроков выполнения и сдачи контрольных домашних заданий, курсовых работ и курсовых проектов. Здесь та же проблема, сроки сдачи не соблюдаются, следовательно, прочных знаний по курсовым работам (проектам), в особенности, по деталям машин, нет, нет и нет.

Кроме обучения наукам нельзя упускать из виду воспитание у студентов нравственности. На эту важную часть в вузовском процессе обучения уделяется мало времени, тогда как выпускник высшего учебного заведения должен быть не только высококвалифицированным специалистом, но и быть высоконравственным человеком.

Здесь целесообразно привести правила развития нравственности, которые были четко сформулированы еще Яном Каменским (1592-1670)- крупнейшим педагогом-демократом, выдающимся общественным деятелем XV11 века. Его теоретические труды по вопросам обучения и воспитания («Материнская школа», «Великая дидактика») актуальны и в настоящее время. Им было изложено шестнадцать основных правил, некоторые из них следующие.

Первое правило – добродетели (положительные нравственные качества, высшая нравственность) должны быть внедряемы юношеству все без исключения. Это надо понимать так: то, что правильно и честно – ничего нельзя исключать, не вызывая пробелов и нарушения гармонии.

К основным добродетелям относятся***: мудрость, умеренность, мужество и справедливость.***

Мудрость юноши должны пополнять из хорошего наставления, изучая истинное значение вещей и их достоинство, ибо истинное суждение о вещах есть истинная основа всякой добродетели.

Очень точно говорит об этом Вивес: «***Истинная мудрость заключается в том, чтобы судить о вещах справедливо, чтобы считать каждую вещь только такою, какая она есть, не стремиться к пустому, как будто бы оно было драгоценным, или не отбрасывать драгоценного, принимая его за пустое, не порицать того, что заслуживает похвалы, и не восхвалять заслуживающего порицания. Отсюда именно рождаются в человеческих умах всякое заблуждение и ошибки, и ничего нет в человеческой жизни более гибельного, чем те превратные суждения, когда вещам дается не надлежащая оценка***».

Умеренности пусть обучаются на протяжении всего времени обучения, привыкая соблюдать умеренность в пище и питье, в сне и бодрственном состоянии, в работе и в играх, в разговоре и молчании.

Здесь всегда нужно соблюдать золотое правило: ничего сверх меры, т.е. никогда и ни в чем не доходить до пресыщения и отвращения.

Мужеству пусть учатся, преодолевая самих себя, в обуздывании нетерпимости, ропота, гнева, поступая во всем обдуманно и ничего не делать под влиянием увлечения или порыва.

Особенно необходимые юношеству виды мужества: благородное прямодушие и выносливость в труде, ибо добродетель развивается посредством дел, а не посредством болтовни.

Справедливости учатся, никого не оскорбляя, воздавая каждому свое, избегая лжи и обмана, проявляя исполнительность и любезность.

Добродетели учатся, постоянно осуществляя честное. Пусть постоянно сияют перед юношами примеры порядочной жизни родителей, учителей, великих ученых, общественных деятелей.

Здесь приведены только основные качества, которые необходимо прививать студентам.

Обучать нравственности – вторая обязанность преподавателей. Нельзя быть равнодушным хотя бы к местам проведения занятий. Весьма часто в аудиториях намусорено, на полу обрывки тетрадей, шелуха от семечек, обертки конфет, жвачек. Такая обстановка никоим образом не способствует нормальному учебному процессу. Почему бы не попросить студентов убрать свое рабочее место.

Нельзя мириться с варварским отношением студентов к столам в лекционных аудиториях. Столы разрисованы, исцарапаны надписями, изобилуют рисунками и т.п. Уверен, что ни один из студентов в доме родителей не только не рисуют на столах, но и в мыслях не держат это. Почему же такое отношение к столам университета??

На что еще должны обращать внимание преподаватели при обучении студентов?

Должны учить тому, что полезно как обществу, так и самим студентам. Может показаться, что это высокопарно и стоит немногого, но это не так. Представим, что при изложении той или иной темы, кто-то из студентов может спросить преподавателя: «А где это может пригодиться?». Это вполне уместный и законный вопрос.

Мы считаем и придерживаемся именно такого изложения дисциплины «Детали машин и основы конструирования», когда какое-то теоретическое положение обязательно подкрепляется сведениями об использовании в практике.

Здесь уместно напомнить еще раз, что упор в обучении должен быть направлен на развитие у студентов в первую очередь ***мышления***. Изложение лекционного материала, проведение практических и лабораторных занятий желательно проводить в такой форме, чтобы студенты мысленно прорабатывали возможные варианты развития темы, были активными участниками учебного процесса. На наш взгляд, ***наибольший эффект дают индивидуальные и коллективные собеседования, когда студенту задается вопрос, требующий при ответе определенного анализа, проработки нескольких вариантов и окончательного, сформулированного заключения, естественно, с элементами доказательности сказанного.***

Если студент затрудняется с ответом, опрашиваются студенты, присутствующие при собеседовании (защита лабораторных работ, курсовых работ и проектов). В результате такого опроса и анализа различных вариантов ответов принимается правильный и обоснованный ответ на поставленный вопрос. Такие формы учебного процесса лучше доносят до сознания студентов изучаемый материал, способствует развитию заинтересованности, осознанности, углублению знаний и их практическому использованию в тех или иных разделах техники.

При ответах студентов обращается особое внимание на то, чтобы излагаемый материал произносился не механически, а осознанно и с понятием. В качестве контроля правильности и осознанности ответа преподаватель просит любого из слушающих студентов объяснить то, что только что произнес отвечающий.

Если слушающие студенты затрудняются с изложением ответа, то отвечающий студент снова объясняет (выступает в роли преподавателя) ответ на вопрос столько раз, сколько необходимо для успешного усвоения другими студентами. Таким образом, проверяется не только усвоение изучаемого вопроса, но и правильность, логичность и доходчивость речи студентов.

К сожалению, студенты имеют большие затруднения с изложением своих ответов, ясных и понятных другим студентам. На кафедре на эту сторону обучения отводится достаточное внимание преподавателей.

Преподаватели кафедры учат студентов умению прочитывать информацию, заложенную в той или иной формуле или математическом выражении, уметь определять размерность и точность каждой составляющей выражения, размерность и точность конечной величины. Знать область (границы) описываемой выражением и практическое использование. Уметь пользоваться формулами и выражениями при ответах, ибо точнее, чем заложенный смысл в формуле не скажешь. Уметь анализировать формулы и делать заключение.

То же самое можно сказать о графиках и чертежах курсовых работ и проектов. Здесь также представлена информация в виде линий, координатных осей, цифр, проекционных изображений, технических требований и т.п.

Уметь читать чертеж устройства, машины – необходимо для инженера-механика, поскольку знакомство с техникой (особенно зарубежной) происходит в первую очередь через чертежи и схемы. И прежде чем разобрать какую-то сборочную единицу или машину сначала необходимо разобраться по чертежам с устройством, а потом уже проводить сборочно-разборочные работы непосредственно с машиной или устройством. Ибо действия с техникой на авось могут привести к серьезным поломкам машины.

При ответах студентов необходимо обращать внимание на правильное понимание терминов, технических определений, тех или иных понятий и законов. Для чего предлагается студентам разъяснить подробнее смысл названного термина, закона, аксиомы и т.п.

Ответы студентов в обязательном порядке должны основываться на доказательных фактах, ибо это характеризует глубину знаний и умение ими пользоваться. Вообще доказывать свои высказывания необходимо молодым людям не только в учебном процессе, но и в повседневной жизни, будущей работе.

Особенно важно научиться пользоваться законами теоретической механики, сопротивления материалов и других дисциплин при решении задач как стандартного, так и не стандартного типов. Для этого необходимо анализировать условия и требования задачи, определять ее тип, тематику и дисциплину, к которой она относится, затем находить способ решения, проверку правильности решения, делать выводы.

Решение задач способствует творческому мышлению. Кстати напомним, что поиск решения задач близок к такой области творчества, как изобретательство.

Особе внимание необходимо уделять воспитанию нравственности, умению владеть собой, развивать память, укреплять волю, настойчивость.

Каждый студент должен приучить себя смотреть на все творения человека так, словно он прилетел с Луны на Землю и все воспринимает с любопытством и всегда задается вопросами: «***Почему это делается так, а не иначе? Чего хотят этим добиться? Можно ли достичь поставленной цели другим путем? Какие недостатки имеет устройство или машина?***». Эти и многие другие вопросы могут натолкнуть молодого человека на изобретение. Любое, самое незначительное наблюдение может послужить ключом к решению какой-то проблемы.

Классический пример сказанному – история с Джеймсом Уаттом, который хотел найти лучший двигатель, чем мускульная сила или ветер, и заметил, как пар с силой поднимает крышку чайника. В результате Уатт изобрел паровую машину.

Хотелось бы, чтобы все перечисленное в этом кратком разделе дошло до сознания студентов, и было взято ими в качестве путеводителя при изучении различных учебных дисциплин и далее в жизни.

7 О КОМПЬЮТОРНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРИ ИЗУЧЕНИИ курса «ДЕТАЛИ МАШИН»

При освоении курса «Детали машин » студенты должны проводить расчеты на прочность и жесткость, другие расчеты деталей общего назначения, учитывая стоимость материала и изготовления, а также технологию изготовления, условия эксплуатации и ремонта.

Таким образом, при расчете деталей и сборочных единиц необходим всесторонний подход, анализ многих факторов, порой взаимоисключающих друг друга. Например, с одной стороны необходимо уменьшать металлоемкость изделий, а с другой стороны, необходимо обеспечить гарантированную прочность, надежность и работоспособность изделий, т.е. требуется многокомпонентная оптимизация, которую обычными средствами вычисления добиться сложно, такую оптимизацию можно обеспечить только посредством компьютерных технологий.

На кафедре используется при расчетах деталей машин отечественная программа APM, входящая в состав CAD/CAC/CAM/PDM Системы APM WinMachine, созданной в Научно- техническом центре «Автоматизированное проектирование машин» (НТЦ АПМ).

Это новейшее программное обеспечение, созданное в России, которое в полном объеме учитывает требования ГОСТ, других нормативных документов, относящихся как к оформлению конструкторской документации, так и к расчетным алгоритмам.

APM WinMachine – это компьютерная программа, созданная на базе современных инженерных методик проектирования, численных методов математики, механики, моделирования, охватывающий многолетний опыт конструкторов, технологов, эксплуатационников и других специалистов.

Программа составлена по модульному принципу. Каждый модуль может работать как отдельно, так и в составе определенного комплекса, что позволяет выбирать оптимальный вариант проектируемого изделия.

Программа **APM WinMachine** состоит из 20 модулей, охватывающие практически все вопросы проектирования. Модули следующие [18]:

- **APM Book** – электронный учебник «Основы проектирования машин», в котором изложены основные методы расчета, реализованные в Системе APM WinMachine;

- **APM Graph** – плоский чертежно-графический редактор для оформления конструкторской документации, имеющий удобные функции параметрического задания геометрических объектов;

- **APM Studio** – модуль создания трехмерных поверхностных и твердотельных моделей со встроенным генератором разбивки на конечные элементы;

- **APM Mechanical Data** – модуль хранения стандартных деталей и сборочных единиц, справочных данных по общему машиностроению;

- **APM Material Data** – модуль хранения и редактирования параметров материалов;

- **APM Construction Data** – модуль хранения графической информации по стандартным деталям и элементам строительных конструкций;

- **APM Technology Data** – модуль хранения стандартных информационных данных для проектирования технологических процессов;

- **APM DOCs** – модуль хранения, просмотра, поиска и редактирования технической документации;

- **APM Structure3D** – модуль расчета и проектирования произвольных конструкций, состоящих из пластинчатых, стержневых, а также объемных элементов и их произвольных комбинаций методом конечных элементов. С его помощью можно рассчитать напряженно-деформированное состояние конструкции в статическом режиме, выполнить расчеты на устойчивость и определение собственных частот, а также проанализировать поведение конструкции при произвольном динамическом нагружении;

- **APM Joint** – модуль расчета и проектирования соединений деталей машин и элементов конструкций, который позволяет выполнить комплексный расчет всех типов резьбовых, сварных, заклепочных соединений и соединение деталей вращения;

- **APM Trans** – модуль проектирования передач вращения, предназначенный для расчета всех типов зубчатых передач, а также червячных, ременных и цепных передач, и генерации чертежей элементов этих передач в автоматическом режиме;

- **APM Bear** – модуль расчета неидеальных подшипников качения, позволяющий провести комплексный анализ опор качения всех известных типов (неидеальный подшипник – тот, в котором учитываются погрешности изготовления, идеальный - в котором погрешностями пренебрегают);

- **APM Plain** – модуль расчета и анализа радиальных и упорных подшипников скольжения, работающих в условиях жидкостного и полужидкостного трения;

- **APM Shaft** – модуль расчета, анализа и проектирования валов и осей;

- **APM Drive** – модуль расчета и проектирования привода произвольной структуры, а также планетарных и волновых передач. С его помощью выполняется комплексный расчет кинематических характеристик и проектирование как привода в целом, так и отдельных его элементов (подшипников качения, передач зацеплением м валов), с автоматической генерацией чертежей, как отдельных деталей, так и в сборе, включая корпус;

- **APM Spring** – модуль расчета и проектирования пружин и других упругих элементов машин, при помощи которого можно рассчитать и вычертить пружины сжатия, растяжения и кручения, плоские пружины, а также тарельчатые пружины и торсионы;

- **APM Cam, APM Slider**- модули расчета и проектирования кулачковых механизмов с автоматической генерацией чертежей и рычажных механизмов произвольной структуры;

- **APM Screw** – модуль для расчета неидеальных передач поступательного движения, Он способен рассчитать винтовые передачи скольжения, шарико-винтовые и планетарные винтовые передачи;

- **APM Beam, APM Truss** – модули расчета и проектирования балочных элементов конструкций и плоских ферм методом конечных элементов;

- **APM Technology** – модуль проектирования технологических процессов.

С помощью программы можно решать многие прикладные задачи:

- создавать конструкторскую документацию в соответсвиии с ЕСКД;

- проектировать механическое оборудование и его элементы с использованием инженерных методик;

- проводить анализ напряженно- деформированного состояния (с использованием метода конечных элементов) трехмерных объектов любой сложности при произвольном закреплении, статическом или динамическом нагружении;

- использовать при проектировании поставляемые базы данных стандартных изделий и материалов, а также создавать свои собственные базы под конкретные направления деятельности пользователя.

Использование программного обеспечения APM позволяет создавать изделия, отвечающие последним достижениям техники, оптимальные по размерам, металлоемкости, энергопотреблению, дизайну, цене и другим показателям.

Следует отметить, что программу APM в учебных целях целесообразно использовать в качестве контроля расчетов, выполняемых студентами по тем или иным разделам проектирования, а также для выявления влияния того или иного исходного параметра на интересуемую конечную величину расчета.

При этом весьма полезно проводить параллельные расчеты, выполняемые аналитическими вычислениями и затем проверить полученные результаты через программу APM.

Выполняя аналитические расчеты, студенты осознанно подходят к выбору различных коэффициентов (которых в расчетах большое количество), материалов, других параметров, к ходу и последовательности решения. Такие действия способствуют углубленному изучению и усвоению студентами изучаемого материала, развитию мышления.

Программа АРМ по заданным исходным данным сразу выдает результат расчета, процесс решения, выбор коэффициентов и другие процедуры расчета не показываются, т.е. компьютер в скрытом режиме проводит решение, на запрос исходных данных выдается готовый результат. С точки зрения развития мышления у студентов программа не достаточно эффективна.

Зато с помощью этой программы удобно и легко выявить влияние того или иного параметра на интересующие конечные результаты. С ее помощью удобно проводить исследовательские работы, которые аналитическим методом выявить сложно и требует огромных затрат времени. Программа дает быстрые результаты расчета на влияние исходных параметров на тот или иной конечный параметр, сопровождая ответ различными графиками, эпюрами, цветовыми оттенками и другими наглядными изображениями. Это очень удобно, наглядно и выразительно.

Естественно, программа незаменима для проектных и конструкторских организаций, занимающихся производственными проектами, ибо существенно облегчает расчетные работы.

В качестве примера проведем расчет зубчатой цилиндрической косозубой передачи внешнего зацепления обычным способом и с помощью программы АРМ.

Исходные данные для расчета: передача одноступенчатая, момент на выходе T_2=900 Нм, частота входного вала n_1=210 мин$^{-1}$, частота выходного вала n_2=70 мин$^{-1}$, передаточное число u=3, число часов работы t=10000 в тяжелом режиме нагружения, передача нереверсивная с симметричным расположением шестерни относительно опор. Зубчатые колеса изготовлены из стали 40Х, закаленной по поверхности до твердости HRC45…50, термообработка «улучшение» с последующей закалкой ТВЧ по контуру до заявленной твердости.

Необходимо определить геометрические параметры передачи из условия прочности по контактным и изгибным напряжениям.

Исходя из принятого материала колеса и шестерни, определяется допускаемое контактное напряжение $[\sigma]_H$ по формуле[19],

$$[\sigma]_H = \frac{\sigma_{\lim}}{S_H}\sqrt[m]{\frac{N_{b,F}}{N_{H,F}}}, \qquad (7.1)$$

где $\sigma_{\lim}$- предел выносливости зубьев по контактным напряжениям;

S_H- коэффициент запаса контактной прочности (зависит от однородности материала, так как поверхность зубьев подвержена закалкематериал становится неоднородным и S_H следует брать равным 1,2 (из таблицы));

$N_{b,F}$ – базовое число циклов нагружения колеса и шестерни по контактным и соответственно изгибным напряжениям;

$N_{H,F}$- приведенное число циклов нагружения за весь срок работы по контактным и изгибным напряжениям.

Входящие в формулу (7.1) составляющие неизвестны, и их необходимо определить. Табличные значения здесь и далее берутся из книги [19].

Определяется предел выносливости зубьев по контактным напряжениям для шестерни и колеса, так как они изготовлены из одного материала, то и для колеса и для шестерни предел выносливости определится по формуле (берется из таблицы от вида обработки-поверхностная закалка до (40…50)HRC),

$$\boldsymbol{\sigma_{lim}=17\ HRC_{min}+200}=17\cdot45+200=\mathbf{965\ МПа}.$$

Предел выносливости зубьев по напряжениям изгиба шестерни и колеса будут одинаковы и равны(определяются по таблице)

$$\boldsymbol{\sigma_{Flim1}=\sigma_{Flim2}=600\ МПа}.$$

Базовое число циклов N_b нагружения по контактным напряжениям шестерни и колеса равны и определятся по формуле

$$\mathbf{N_{b1}=N_{b2}=340HRC^{3,15}+8\cdot10^6}=340\cdot45^{3,15}+8\cdot10^6=\mathbf{6,28\cdot10^7}.$$

Базовое число циклов нагружения по изгибным напряжениям для колеса и шестерни будут равны (из таблиц) $\mathbf{N_{F2}=N_{F1}=4\cdot10^6}$.

Приведенное (действующее) число циклов нагружения по контактным напряжениям для шестерни определится

$$\mathbf{N_{H1}=K_HN_1},$$

где K_H- коэффициент приведения по контактным напряжениям, для тяжелого режима, равен 0,5 (данные из таблицы);

N_1-число циклов нагружения шестерни.

Число циклов нагружения шестерни определится по формуле

$$\mathbf{N_1=60n_1\ tK_n},$$

здесь n- частота вращения шестерни, мин$^{-1}$;

t – число часов работы передачи;

K_n- число зацеплений зуба шестерни и колеса за время одного оборота.

$$N_1=60\cdot210\cdot10^4\cdot1=\mathbf{1,26\cdot10^8}.$$

Приведенное число циклов нагружения по контактным напряжениям для шестерни определится

$$\mathbf{N_{H1}=0,5\cdot1,26\cdot10^8=6,3\cdot10^7}.$$

Приведенное число циклов нагружения по контактным напряжениям для колеса

$$\mathbf{N_{H2}=K_H\cdot60n_2tK_n}=0,5\cdot60\cdot70\cdot10^4\cdot1=\mathbf{2,1\cdot10^7}.$$

Приведенное число циклов нагружения по напряжениям изгиба определятся- для шестерни,

$$\mathbf{N_{FP1}=K_F 60 n_1 t K_n}=0{,}2\cdot 60\cdot 210\cdot 10^4\cdot 1=\mathbf{2{,}52\cdot 10^7},$$

здесь K_F- коэффициент приведения по изгибным напряжениям, для тяжелого режима, равен 0,2.

Для колеса,

$$\mathbf{N_{FP2}=K_F 60 n_2 t K_n}=0{,}2\cdot 60\cdot 70\cdot 10^4\cdot 1=\mathbf{0{,}84\cdot 10^7}.$$

Допускаемое контактное напряжение для шестерни будет иметь значение

$$[\sigma]_{H1}=\frac{\sigma_{\lim}}{S_H}\sqrt[m]{\frac{N_b}{N_{H1}}}=\frac{965}{1{,}2}\sqrt[6]{\frac{6{,}28\cdot 10^7}{6{,}3\cdot 10^7}}=804{,}17 \text{ МПа.}$$

Допускаемое контактное напряжение для колеса

$$[\sigma]_{H2}=\frac{\sigma_{\lim}}{S_H}\sqrt[m]{\frac{N_{b2}}{N_{H2}}}=\frac{965}{1{,}2}\sqrt[6]{\frac{6{,}28\cdot 10^7}{2{,}1\cdot 10^7}}=963{,}35 \text{ МПа.}$$

Для последующего расчета принимаем минимальное из этих значений, а именно, $[\sigma]_{H1}$=804,17 МПа. Это значение допускаемого напряжения для прямозубой передачи, поскольку в нашем случае косозубая передача, то в соответствие с ГОСТ 21354-87 производится определение допускаемого напряжения по формуле

$\mathbf{[\sigma]_H= 0{,}45([\sigma]_{H1}+[\sigma]_{H2})}$ = 0,45(804,7 + 963,35)= **795,62 МПа**.

Кроме этого, допускаемое напряжение должно удовлетворять условию

$\mathbf{[\sigma]_{H1}\leq [\sigma]_H\leq 1{,}25[\sigma]_{H1}}$ или **804,17 ≤ 795,62 ≤1005,21** .

Так как полученное расчетным путем значение допускаемого напряжения условию не удовлетворяет, то принимается меньшее из значений первоначального расчета, т.е. $\mathbf{[\sigma]_{H1}}$**=804,17 МПа**.

Допускаемое напряжение прочности на изгиб для шестерни вычисляется по формуле,

$$[\sigma]_{F1}=\frac{\sigma_{F\lim 1}}{S_F}\sqrt[m]{\frac{N_{F1}}{N_{FP1}}}\,, \qquad (7.2)$$

где σ_{Flim1} – предел выносливости зубьев по напряжениям изгиба, МПа;

S_F –коэффициент запаса прочности по изгибу (выбирается по таблице, в нашем случае он равен 1,7);

N_{F1}- базовое число циклов по напряжениям изгиба;

N_{FP1}- приведенное (действующее) число циклов нагружения по напряжениям изгиба;

m – показатель степени для изгиба m=9.

Так как базовое число циклов нагружения шестерни меньше действующего числа циклов, то подкоренное выражение принимается равны единицы, и допускаемое напряжение прочности по изгибу будет равно

$$[\sigma]_{F1} = \frac{\sigma_{F\lim 1}}{S_F}\sqrt[m]{\frac{N_{F1}}{N_{FP1}}} = \frac{600}{1,7} = 352,94 \text{ МПа.}$$

Такое же значение допускаемого напряжения прочности по изгибу будет и для колеса.

Определяется предварительное значение межосевого расстояния по формуле

$$A = 430(u+1)\sqrt[3]{\frac{T_2 K_{H\beta} K_{Hv} K_{Ha}}{\psi_{ba} u^2 [\sigma]_{H1}^2}}, \qquad (7.3)$$

где u –передаточное число;

T_2- момент на выходе, Нм;

$K_{H\beta}$ – коэффициент концентрации нагрузки;

K_{HV} – коэффициент динамичности нагрузки, принимается равным единице;

K_{Ha} –коэффициент неравномерности нагружения зубьев, принимается равным 1,05;

Ψ_{ba}- конструктивный коэффициент отношения ширины колеса к межосевому расстоянию , т.е. Ψ_{ba}=b/A, из таблицы, его значение 0,4;

$[\sigma]_{H1}$- допускаемое контактное напряжение, МПа.

Значения T_2, u заданы условиями, $[\sigma]_{H1}$ –определено выше, Ψ_{ba} задались, осталось определить $K_{H\beta}$.

Для определения $K_{H\beta}$ необходимо определить значение ψ_{bd}, которое вычисляется по формуле

$$\boldsymbol{\psi_{bd}=b/d=0,5\Psi_{ba}(u+1)}=0,2(3+1)=\mathbf{0,8}.$$

Затем определяется коэффициент по выражению

$$\mathbf{K_{H\beta}=1,0+0,052\,\psi_{bd}}=1,0+0,052\cdot 0,8=\mathbf{1,04.}$$

Подставляя численные значения символов в выражение (7.3), определим межосевое расстояние А,

$$\grave{A} = 430(3+1)\sqrt[3]{\frac{900\cdot 1,04\cdot 1,0\cdot 1,05}{0,4\cdot 3^2\cdot 804,17^2}} = 127,01 \text{ мм.}$$

Полученное значение необходимо округлить до ближайшего значения из нормального ряда чисел, либо до значения, оканчивающегося на нуль. Примем значение **А=130 мм**.

По принятому значению межосевого расстояния вычисляется значение ширины колеса,

$b_2 = A\psi_{ba} = 130 \cdot 0{,}4 = 52$ мм.

Ширина шестерни принимается больше ширины колеса на3…6 мм, примем $b_1 = b_2 + 4 = 56$ мм.

Далее определяется ориентировочное значение модуля исходя из расчета прочности по напряжениям изгиба по упрощенной формуле [18],

$$m_n = \frac{2 \cdot 10^3 T_2 K_{F\beta} K_{Fv} K_m}{b_2 d_2 [\sigma]_{F1}}, \qquad (7.4)$$

где T_2- момент на выходном валу, Нм;

$K_{F\beta}$- коэффициент концентрации нагрузки при расчете на изгиб (**$K_{F\beta} = 1{,}0 + 0{,}155\psi_{bd} = 1{,}0 + 0{,}155 \cdot 0{,}8 = 1{,}12$**);

K_{Fv}- коэффициент динамичности нагрузки (принят, равным единице);

K_m- поправочный коэффициент (для косозубых колес, равен 3,5);

b_2- ширина колеса, мм;

d_2 – диаметр колеса, мм ($d_2 = 2Au/(u+1) = 2 \cdot 130 \cdot 3/(3+1) = 195$ мм);

$[\sigma]_{F1}$- допускаемое напряжение прочности на изгиб, Н/мм^2.

$$m_n = \frac{2 \cdot 10^3 \cdot 900 \cdot 1{,}12 \cdot 1 \cdot 3{,}5}{52 \cdot 195 \cdot 352{,}94} = 1{,}97 \text{ мм.}$$

Принимается стандартное значение модуля, $m_n = 2$ мм.

Определяется угол наклона зубьев по выражению

$$\boldsymbol{\beta = \arcsin(3{,}5m_n/b_2) = \arcsin(3{,}5 \cdot 2/52) = 7^0 42`}.$$

Суммарное число зубьев передачи

$$\mathbf{Z_s = 2A\cos\beta/m_n = 2 \cdot 130 \cdot \cos(7^0 42`)/2 = 128{,}8}.$$

Значение Z_s округляется до целого значения, принимается $Z_s = 128$.

Определяется число зубьев шестерни,

$$\mathbf{Z_1 = Z_s/u + 1 = 128/3 + 1 = 32},$$

и колеса $\mathbf{Z_2 = Z_s - Z_1 = 128 - 32 = 96}$.

По принятым значениям чисел зубьев уточняется передаточное число

$$\mathbf{u = Z_2/Z_1 = 96/32 = 3},$$

и требуемое значение угла β наклона зуба,

$$\boldsymbol{\beta = \arccos(Z_s m_n/2A) = \arccos(128 \cdot 2/2 \cdot 130) = 10^0 6`}.$$

Диаметр шестерни

$$\mathbf{d_1 = 2A/u + 1 = 2 \cdot 130/3 + 1 = 65 \text{ мм}}.$$

Проверяется условие прочности зубьев по контактным напряжениям по формуле

$$\sigma_H = \sqrt{\left(\frac{430(u+1)}{A}\right)^3 \frac{T_2 K_{H\alpha} K_{H\beta} K_{Hv}}{\psi_{ba} u^2}} = \sqrt{\left(\frac{430(3+1)}{130}\right)^3 \frac{900 \cdot 1{,}05 \cdot 1{,}04 \cdot 1{,}0}{0{,}4 \cdot 3^2}} = 797 \text{ МПа.}$$

Условие прочности по напряжениям контакта $\sigma_H \leq [\sigma]_{H1}$, в цифрах имеет вид, 797 МПа ≤ 804,17 МПа. Условие выполняется.

Проверяется условие прочности зубьев по напряжению изгиба по формуле, для колеса

$$\sigma_{F2} = \frac{10^3 T_2 (u+1) K_{F\beta} K_{Fv} Y_F Y_\beta}{A u b_2 m_n} \le [\sigma]_{F2},$$

где T_2, $K_{F\beta}$, K_{Fv}, b_2- см. выражение (7.4);

Y_F- коэффициент формы зуба колеса;

Y_β- коэффициент осевого перекрытия;

m_n- модуль, мм.

Для определения коэффициента формы зуба колеса и шестерни необходимо определить приведенное число зубьев колеса по формуле:

$Z_{v2}=Z_2/\cos^3\beta=96/\cos^3(10^0 6`)=100{,}57$,

и шестерни

$Z_{v1}=Z_1/\cos^3\beta=32/\cos^3(10^0 6`)=33{,}53$.

По формуле подсчитывается значение коэффициента формы зуба для колеса,

$$Y_{F2} = 3{,}6\left(1 - \frac{0{,}93}{Z_{v2}} + \frac{71}{Z_{v2}^2}\right) = 3{,}6\left(1 - \frac{0{,}93}{100{,}57} + \frac{71}{100{,}57^2}\right) = 3{,}59,$$

для шестерни

$$Y_{F1} = 3{,}6\left(1 - \frac{0{,}93}{Z_{v1}} + \frac{71}{Z_{v1}^2}\right) = 3{,}6\left(1 - \frac{0{,}93}{33{,}53} + \frac{71}{33{,}53^2}\right) = 3{,}74.$$

Коэффициент осевого перекрытия определяется выражением

$Y_\beta=1-\beta/140=1-10^0 6`/140=0{,}928$.

Действующее напряжение изгиба для колеса равно,

$$\sigma_{F2} = \frac{10^3 \cdot 900(3+1)1{,}12 \cdot 1{,}0 \cdot 3{,}59 \cdot 0{,}928}{130 \cdot 3 \cdot 52 \cdot 2} = 333{,}83 \text{ МПа.}$$

Для шестерни,

$$\sigma_{F1} = \frac{10^3 \cdot 900(3+1)1{,}12 \cdot 1{,}0 \cdot 3{,}74 \cdot 0{,}928}{130 \cdot 3 \cdot 56 \cdot 2} = 347{,}78 \text{ МПа.}$$

Условие прочности по напряжениям изгиба для колеса,

333,83 МПа≤352,94 МПа и для шестерни, **347,78 МПа≤352,94 МПа,** выполнены.

Геометрические размеры зубчатой передачи следующие. Диаметры делительной и начальной окружностей совпадают и равны: для шестерни

$d_1=m_n z_1/\cos\beta=2\cdot 32/\cos(10^0 6`)=65{,}00$ мм,

для колеса

$d_2=m_n z_2/\cos\beta=2\cdot 96/\cos(10^0 6`)=195{,}00$ мм.

Диаметры вершин зубьев шестерни d_{a1} и колеса d_{a2}

$d_{a1}=d_1+2h_a m_n=65+2\cdot 1\cdot 2=69$ мм;

$d_{a2}=d_2+2h_a m_n=195+2\cdot 1\cdot 2=199$ мм.

Диаметры впадин зубьев шестерни d_{f1} и колеса d_{f2}

$\mathbf{d_{f1} = d_1 - 2(h_f + c)m_n = 65 - 2(1 + 0{,}25)\cdot 2 = 60}$ **мм,**

$\mathbf{d_{f2} = d_2 - 2(h_f + c)m_n = 195 - 2(1 + 0{,}25)\cdot 2 = 190}$ **мм.**

Силы в зацеплении: окружная $\mathbf{F_t = 2\cdot 10^3 T_2/d_2} = 2\cdot 103\cdot 900/195 = \mathbf{9230}$ Н,
радиальная $\mathbf{F_r = F_t tg\alpha/cos\beta} = 9230\cdot tg20^0/cos10^0 6` = \mathbf{3412}$ Н,
осевая $\mathbf{F_a = F_t tg\beta} = 9230\cdot tg10^0 6` = \mathbf{1647}$ Н.

Теперь проведем расчет этой же передачи в программе АРМ, для чего выбираем модуль **APM Trans** – модуль, предназначенный для расчета всех типов зубчатых передач, червячных, ременных и цепных.

Расчет передачи проводится следующим образом.

Рисунок 7.1- Диалоговое окно «Основные данные»

1 Выбирается тип передачи- ***косозубая внешнего зацепления***.

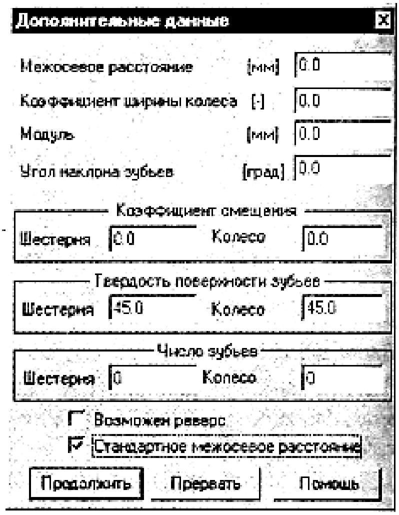

Рисунок 7.2- Окно «Дополнительные данные»

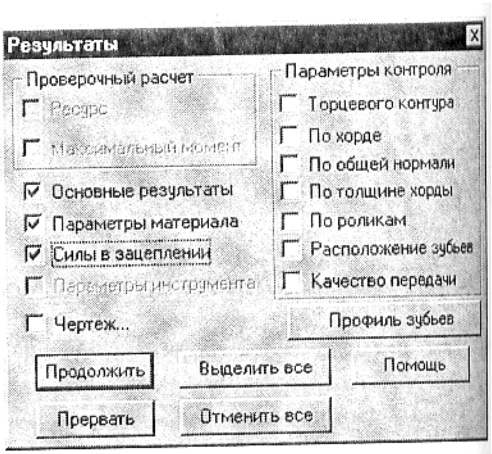

Рисунок 7.3- Окно «Результаты»

2 Указывается тип расчета – ***проектировочный***.

3 Устанавливается стандарт – ГОСТ (меню «**База данных**»/ «**Установить стандарт**»).

4 Проверяется установка параметров исходного контура (по умолчанию в меню «**База**

данных» / «**Исходный контур**» установлен ГОСТ 13755-81 – исходный контур зубчатых цилиндрических колес эвольвентного зацепления).

5 Задаются основные исходные данные в полях ввода диалогового окна «Основные данные», Рисунок 7.1.

6 Нажав в нижней части диалогового окна «**Основные данные**» кнопку «**Ещё**», ввести в соответствующие поля ввода открывшегося диалогового окна «**Дополнительные данные**» (Рисунок 7.2) необходимые значения. В данном случае необходимо включить флажок «**Стандартное межосевое расстояние**», для того чтобы значение межосевого расстояния выбиралось из стандартного ряда, и задать точное значение твердости поверхности зубьев, использованное при расчете – в противном случае для вида термообработки «**Закалка**» программой будет принято по умолчанию HRC=50.

7 Произвести расчет передачи (пункт «**Расчет**» главного меню).

8 Открыть диалоговое окно «**Результаты**» и отметить флажками интересующие результаты расчета, рисунок 7.3.

Программа выдает запрашиваемые готовые результаты в виде таблиц.

Таблица 1-Основная геометрия

Описание	Символ	Шестерня	Колесо	Единицы
Межосевое расстояние	a_W	130.001		мм
Модуль	m	2.00		мм
Угол наклона зубьев	β	10.066		град
Делительный диаметр	d	65.000	195.001	мм
Основной диаметр	d_b	60.968	182.905	мм
Начальный диаметр	d_w	65.000	195.001	мм
Диаметр вершин зубьев	d_a	69.000	199.001	мм
Диаметр впадин	d_f	60.200	190.201	мм
Коэффициент смещения	x	0.000	0.000	---
Высота зубьев	h	4.400	4.000	мм
Ширина зубчатого венца	b	58.000	54.000	мм
Число зубьев	z	32	96	----

Таблица 2-Свойства материалов

Описание	Символ	Шестерня	Колесо	Единицы
Допускаемые напряжения изгиба	$[\sigma]_F$	352.941	352.941	МПа
Допускаемые контактные напряжения	$[\sigma]_H$	804.167		МПа

Твердость рабочих поверхностей	---	45.0	45.0	HRC
Действующие напряжения изгиба	σ_F	333.636	321.501	МПа
Действующие контактные напряжения	σ_H	784.292		МПа

Таблица 3-Силы

Описание	Символ	Шестерня	Колесо	Единицы
Тангенциальная сила	F_t	9230.706		Н
Радиальная сила	F_r	3465.561		Н
Осевая сила	F_a	1638.505		Н
Расстояние от торца колеса до точки приложения силы	B	29.000		мм
Плечо силы	R	32.500		мм

Из приведенного примера расчета зубчатой цилиндрической косозубой передачи обычным способом и с применением программы **APM Trans** достаточно хорошо видно, что программа дает готовый результат без промежуточных выкладок и пояснений, по типу « вопрос-ответ». Здесь нет поясняющих сведений о том, какие формулы применены, какие коэффициенты и их значение использованы. Для познания предмета, его осмысливания и осознанного усвоения предмета этого недостаточно.

При расчете обычным способом времени требуется значительно больше, но зато здесь студент наглядно видит формулы с их символами, осознает суть каждого из них, их размерность, точность, информационное значение, видит роль коэффициентов (их в расчете большое количество), конечное значение выходных параметров.

Эта программа несомненно является нужной студентам, во–первых, для проверки результата решения (расчета) обычным способом, поскольку она дает быстрый ответ и для ввода исходных данных требуется очень мало времени. Во-вторых, с ее помощью можно исследовать влияние любого из исходных параметров на конечные результаты, что очень важно для познания сути и роли каждого задаваемого параметра на тот или иной конечный интересуемый параметр. В-третьих, эта программа является последним достижением программного обеспечения расчетов общетехнических объектов и программа должна быть на вооружении у студентов, а затем и у будущих специалистов на рабочих местах, если их работа будет связана с различными проектными расчетами. Знать последние новинки необходимо, чтобы использовать их в своей учебе и затем работе.

Желаем студентам больших творческих успехов в учебе и будущей работе!

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Что хотелось бы сказать в заключении? Пособие было выстрадано за многолетнюю учебную практику на кафедре института.

При сдаче лабораторных работ и на зачетном опросе студенты спрашивают о том, какой литературой можно пользоваться для успешного ответа на поставленные вопросы. Обычный ответ был таков: необходимо знать основы теоретической механики, сопротивления материалов, детали машин и др., т.е. иметь хорошие знания основных общетехнических дисциплин. На это студенты разочарованно разводили руками.

Поэтому в голове зрело желание написать пособие, которое могло бы в краткой форме восстановить в памяти основные положения изучаемых общетехнических наук, целенаправленно подойти к изучению других учебных дисциплин, увидеть главное, стержневое в изучаемой теме, научиться полноценно работать с лабораторными работами, научиться отвечать логично, доказательно, строить правильно речь и многое другое, с чем сталкиваются студенты за время учебы в университете.

Как это получилось, судить тем, кому адресовано пособие.

Исходя из опыта и рекомендаций людей, добившихся больших успехов в жизни, приводим еще несколько добрых советов молодым людям, желающим добиться чего-то в своей деятельности.

-***Ставьте себе цели и достигайте их***. Молодые люди, в частности, студенты, должны знать, чего они хотят добиться в жизни, для чего необходимо разработать ряд практических шагов для достижения конечной цели. Цель может относиться к учебе, науке, работе, взаимоотношениям, самосовершенствованию и т.п.

Цель у студентов – успешно закончить университет, прочно овладеть основы общетехнических и специальных знаний, уметь пользоваться ими в практических делах, повысить свой нравственный уровень, укрепить здоровье.

- ***Имейте уверенность и высокое чувство собственного достоинства***. Чувство уверенности – это ключ к любому успеху, чем большего успеха молодой человек добьется, тем более увереннее он будет себя чувствовать.

Рекомендуется пять основных путей приобретения чувств собственного достоинства.

- Отдавайте себе отчет и осознайте ваши положительные качества, таланты и достижения.

- Утвердитесь в мысли, что вы обладаете качествами, которые хотите развить, и все время подтверждайте это, работая над развитием этих качеств.

- Утвердите себе в мысли, что вы преуспевающая личность, достигшая каких-либо целей, что ваши усилия признаны другими людьми.

- Представьте себя процветающим, знающим все и имеющим все.

- Чувствуйте себя уверенно и старайтесь владеть ситуацией, где бы вы не были.

- ***Решайте проблемы и сами принимайте решения***. Студенты должны учиться выдвигать несколько альтернатив и учиться выбирать лучшую из них, т.е. принимать решение. Иногда они сталкиваются с трудностями при выборе из числа альтернатив или альтернатив вообще нет, тогда остается только выбирать положительный или отрицательный ответ.

Иногда трудно принять решение или выработать решение логическим путем, взвесив все «да» и « против» и после этого принять решение.

Полезно в некоторых случаях подключить подсознание или интуицию, чтобы сделать выбор, который бы выражал то, чего ожидается от выбора.

Нерешительность – существенная причина тех или иных неудач. Здесь уместен совет: будьте решительны с нерешительностью- своей и чужой.

Чтобы принимать эффективные решения, анализируйте, как это делали другие, уважаемые и опытные люди.

Если в жизни что-либо приобретается без больших усилий или за бесценок, то это чаще всего не ценится, да и не вызывает доверия. Возможно, по этому как мало молодые люди (студенты) приобрели полезного в школе, а затем и в вузе.

Подводя итог написанному, вкратце отметим суть работы. В ней прослеживается следующая логическая цепь: даны сведения о возможностях человека, о познании и мышлении, умственном труде, самообразовании и о том, что молодой человек-студент при желании может достигнуть очень многого.

Приведены базовые сведения из теоретической механики, сопротивления материалов, теории механизмов и машин, без осознанного знания которых студенты имеют трудность в усвоении основ Деталей машин и основ конструирования и других дисциплин. Эти знания -тот минимальный уровень или планка, ниже которой процесс усвоения общетехнических и специальных дисциплин затруднен.

Далее изложена методика проведения лабораторных работ по Деталям машин и подъемно-транспортирующим машинам с научно-исследовательским уклоном. Работы имеют теоретическую и экспериментальную части, в каждой из которых делается подробный анализ. Так, математическое выражение теоретической части исследуется по каждому символу: какую информацию он несет, его размерность, точность передачи информации, точность и размерность конечного параметра. Проводится экспериментальная проверка теоретически определенного параметра с обработкой экспериментальных данных, приближенных к научно-исследовательским методикам. По каждой работе дается заключение с анализом несовпадения теоретически определенного параметра и значения, полученного в результате эксперимента. Каждая из работ развивает мышление и расширяет общетехнический уровень подготовки и является первыми шагами к серьезным научным исследованиям.

Следующим звеном в цепи является решение задач, это слабое место в учебном процессе. Приведен анализ решений задач стандартных и нестандартных, приведены рекомендации по успешному их решению. Отмечается и подчеркивается, что решение задач- творчество, приближенное к изобретательству. Показана необходимость осознанного и осмысленного подхода их решения. Приведены примеры решения нескольких типов задач.

Особое внимание уделено ответам студентов на вопросы экзаменационные, при защите курсовых работ и проектов, лабораторных работ и т.п. Проблема в том, что хотя ответы приводятся правильные, но доказать правильность ответа студенты не могут, не могут привести факты, лежащие в основе ответов. Приведены примеры доказательных ответов на ряд вопросов по Деталям машин и даны советы по освоению доказательных ответов. Доказательные ответы способствуют кроме развития мышления еще умение правильно и логично строить речь, убеждать и доказывать свои высказывания.

В шестом разделе затронуто главное в подготовке специалистов – об обучении. Мы считаем, что преподавание любой учебной дисциплины должно способствовать тому, чтобы студенты учились думать. Приведены три принципа обучения: ***активное изучение, наилучший стимул, последовательность фаз изучения***.

Обучение –это не только изложение учебного материала той или иной дисциплины, но и использование этой информации в практических целях, т.е. должна быть связка «***Знание - умение***». Приведены рекомендации по процессу обучения и успешного освоения общетехнических дисциплин, показаны способы эффективного обучения.

Приведена компьютерная программа для расчета деталей общего назначения и других технических объектов.

Работа рассчитана на студентов, желающих повысить свой общеобразовательный уровень, эффективно осваивать учебные дисциплины, развивать мышление, память и другие качества.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Пекелис, В. Твои возможности, человек!/ В. Пекелис.-М.: «Просвещение», 1984.

2 Голованов, Я. Этюды об обучении/ Я. Голованов.-М.: «Наука», 1986.

3 Библер,В. Мышление как творчество. / В. Библер. – М.: «Наука», 1989.

4 Брунер, Дж. Психология познания / Дж. Брунер. -М.: «Наука», 1989.

5 Князева, М. Ключ к самосозиданию / М. Князева. – М.: «Молодая гвардия», 1990. -255 с.

6 Тарг, С.М. Краткий курс теоретической механики / С.М. Тарг. –М.: «Наука»,1972. -478 с.

7 Баранов, Г.Г. Курс теории механизмов и машин / Г.Г. Баранов. – М.: Машиностроение, 1967. -408 с.

8 Колчин, Н.И. Механика машин / Н.И. Колчин. –М., Л.: «Машгиз», 1963. -535 с.

9 Синяговский, И.С. Сопротивление материалов / И.С. Синяговский.-М.: «Колос», 1968. -457 с.

10 Атабеков, Н.А. Словарь- справочник иллюстратора научно-технической книги / Н.А. Атабеков.- М.: «Книга», 1984. -283 с.

11 Сквайрс, Дж. Прикладная физика / Дж. Сквайрс. М.: «Мир», 1991. – 246 с.

12 Веденяпин, Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработка опытных данных / Г.В. Веденяпин. - М.: «Колос», 1967. -256 с.

13 Микиша, А.М., Орлов, В.Б. Толковый математический словарь /А.М. Микиша. М.: «Русский язык», 1988. -192 с.

14 Фридман, Л.М., Турецкий, Е.Н. Как научиться решать задачи / Л.М. Фридман.- М.: «Просвещение», 1989. -192 с.

15 Иванов, М.Н. Детали машин / М.Н. Иванов. – М.: «Высшая школа», 1976. -399 с.

16 Детали машин. Справочник, т.1,11,Ш. Под ред. Ачеркана Н.С. – М.: «Машиностроение», 1968.

17 Александров, М.П. Подъемно-транспортные машины / М.П. Александров. –М.: «Машиностроение», 1979.

18 Шелофаст,В.В. Основы проектирования машин / В.В.Шелофаст, Т.Б.Чугунова.-М.: Изд-во АПМ, 2004.-240 с.

19 Шелофаст,В.В. Основы проектирования машин / В.В.Шелофаст.-М.: Изд-во АПМ, 2005.-472 с.

ВОПРОСЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

Ниже предлагаются вопросы для проверки у студентов общетехнических знаний.

1 Что такое сила, чем она характеризуется? Привести конкретные примеры действия сил.

2 Что представляет собой сила, равная 1 Н?

3 Что такое масса тела, что она характеризует?

4 Разъясните понятие массы тела и вес тела.

5 При взвешивании на весах что имеем, массу или вес тела?

6 Что такое скорость тела, назовите виды скоростей.

7 Какая связь между линейной и угловой скоростями?

8 Какая связь между угловой скоростью и частотой вращения?

9 Что такое ускорение тела? Назовите виды ускорений.

10 Что является характеристикой тела в поступательном движении? Во вращательном движении?

11 Что такое сила инерции тела? Приведите конкретные примеры.

12 Что такое момент инерции массы тела? Где используется?

13 Что такое момент инерции сечения тела? Где используется?

14 Что такое КПД машины или устройства?

15 Как объяснить КПД устройства, равное 0,3; 0,8; 1,1?

16 Как определяется КПД (назвать два варианта определения)?

17 Как определить КПД передачи, состоящей из двух зубчатых колес?

18 КПД автомобиля равно 0,3; 0,5; 0,9. В чем это проявляется на практике?

19 Как можно увеличить КПД устройства?

20 Что такое сила трения, от каких факторов она зависит?

21 Что такое угол трения? Какое свойство он имеет, как применяется на практике в технике?

22 Какая связь между углом трения и коэффициентом трения?

23 Что такое приведенный коэффициент трения? Привести примеры и значения приведенного коэффициента трения.

24 При каком условии тело скользит по наклонной плоскости, например, ребенок на санках или лыжах?

25 Что такое момент трения, чему он равен? Привести примеры.

26 Что такое работа? Напишите формулу работы при поступательном и вращательном движениях.

27 Что такое мощность? Напишите значение мощности при поступательном и вращательном движениях.

28 Напишите размерности работы и мощности.

29 Как подобрать электродвигатель для механизма подъема, для механизма передвижения крана?

30 КПД блока подвижного и неподвижного, сопоставить их значение при одинаковом весе груза, канате, материале цапфы и подшипника.

31 Что такое самоторможение в соединении гайка-болт? Назвать условие самоторможения.

32 Что такое самоторможение в червячном зацеплении? Условие самоторможения.

33 Что такое заходность червяка? Как определяется?

34 Что такое коэффициент диаметра червяка? Назовите причины введения этого коэффициента.

35 Что такое передаточное отношение, передаточное число, в чем их отличие и сходство?

36 Чему равно значение КПД последовательно и параллельно соединенных передач?

37 Чему равно передаточное отношение последовательно соединенных передач?

38 Как определяется прочность детали, назвать условие?

39 Что такое жесткость изделия, как определяется?

40 Что понимается под допускаемым напряжением при растяжении, изгибе, кручении?

41 Что такое упругость? Привести примеры.

42 Что такое модуль продольной упругости, что он характеризует, назвать размерность?

43 Как характеризуется закон Гука при растяжении?

44 Что такое модуль сдвига, что он характеризует, назвать размерность?

45 Назовите закон Гука при сдвиге?

46 Назовите геометрическую характеристику тела при растяжении, изгибе, кручении?

47 Почему листовые рессоры в автомобиле установлены не ребром, а гранью?

48 Почему валы часто изготавливают в виде труб, а не сплошными?

49 Укажите недостатки одинарных полиспастов.

50 В каких одинарных полиспастах отсутствует перекос подвески при подъеме или опускании груза?

51 В каких ветвях полиспаста имеются одинаковые значения натяжения при подъеме или опускании груза?

52 Укажите недостатки сдвоенных полиспастов.

53 Как определяется натяжение в любой из ветвей полиспаста, если известно натяжение в одной из них и КПД блока?

54 Как увеличить КПД полиспаста?

55 Назовите недостатки, присущие всем ленточным тормозам.

56 Укажите недостатки дифференциального тормоза.

57 Как подобрать типовой ленточный или колодочный тормоз?

58 Как подобрать магнит для замыкания тормоза?

59 При каких условиях работоспособен дифференциальный тормоз?

60 Назовите причины неравномерного износа тормозной ленты?

61 Назовите потери в червячном зацеплении редуктора ручной тали?

62 Как определить выигрыш в силе у ручной тали (привести различные варианты)?

63 Как подобрать цепь грузовую и приводную у ручной тали, например, при грузоподъемности 10 т?

64 Как определить КПД полиспаста ручной тали теоретическим и экспериментальным способами?

65 Как определить КПД редуктора ручной тали теоретическим и экспериментальным способами?

66 Как спроектировать ручную таль с выигрышем в силе в 50, 100 и любое число раз?

67 Как можно увеличить КПД ручной тали, любой машины или устройства?

68 Назовите условие работы ременной передачи без буксования ремня?

69 Охарактеризуйте тяговую способность плоскоременной и клиноременной передач, обоснуйте ответ?

70 Как увеличить тяговую способность плоскоременной передачи?

71 Каким критерием работоспособности характеризуется цепная передача?

72 Назовите технические требования на сборку цепной (ременной) передачи?

73 Назовите технические требования на сборку электродвигателя и редуктора?

74 Для какой цели служит самоустанавливающийся подшипник, приведите примеры его использования в сельскохозяйственных машинах, подъемно-транспортирующих машинах и др.?

75 Имеются два болта, например, М16: один с крупным шагом, другой с мелким. Какой из болтов имеет большую прочность при растяжении, привести доказательство?

76 Что такое податливость болта, отчего зависит?

77 При каком условии гайка на болте не будет самотормозящей?

78 Имеется гайка высотой 10 мм и гайка высотой 20 мм при одном и том же диаметре и материале, прочность какой гайки больше, объяснить?

79 Имеется болтовое соединение с предварительной затяжкой и дополнительной внешней силой, назовите условие нераскрытия стыка.

80 Как распределена нагрузка на шарики в подшипниках качения?

81 Какое условие необходимо выдержать при сборке подшипников качения на валах?

82 Как подбирают подшипники качения?

83 По какому показателю рассчитываются открытые зубчатые передачи, закрытые передачи?

84 Как определяется подача (производительность) любой транспортирующей машины теоретическим путем?

85 Как проверяется подача транспортирующей машины экспериментальным путем?

86 Какие устройства используются для предохранения рабочих органов транспортирующих машин от поломок?

87 Какими параметрами характеризуется насыпной груз? Штучный груз?

88 Что такое давление, в каких единицах измеряется, привести примеры?

89 Объясните, почему лезвием топора легко перерубить волокна дерева, а от удара обухом остается вмятина?

90 Что такое момент сопротивления сечения, виды моментов, размерность? Привести примеры.

91 Назовите «золотое правило механики», приведите примеры.

92 Как определить передаточное отношение редуктора?

93 Для какой цели используется коробка передач в автомобиле, привести доказательное объяснение.

94 Объясните назначение муфты, виды муфт, правило установки.

95 Назовите периоды работы механизма подъема, механизма передвижения и любого другого машинного агрегата.

96 При пуске механизма подъема или другого механизма назовите моменты, которые преодолевает двигатель.

97 Назовите моменты при установившемся периоде работы механизма, например, подъема или другого механизма (передвижения, поворота и т.д.).

98 Как подобрать типовой редуктор для того или иного устройства?

99 Как подобрать муфту для соединения валов электродвигателя и редуктора?

100 Как подобрать электродвигатель для механизма поворота крана?

101 Как подобрать канат для механизма подъема?

102 В каких случаях бракуется канат?

103 Что характеризует ПВ (продолжительность включения) и к какому разделу техники относится?

104 Почему мешок массой 50 кг человеку трудно поднять на плечо, объяснить доказательно?

105 Как влияет ПВ на выбор редуктора?

106 Укажите отличие проектного и проверочного расчетов деталей.

107 Назовите условие жесткости детали.

108 По какой формуле проверяется долговечность цепи ?

109 Укажите основные разрушения у цепных передач.

110 Что такое галтель, буртик, проточка?

111 Назовите типы шпонок.

112 Недостаток клиновых шпонок.

113 Назовите условие работы подшипника скольжения при жидкостном трении.

114 Что такое клиновой зазор и где он возникает?

115 Назовите преимущественное использование подшипников скольжения.

116 Чем принципиально отличается подшипники качения от подшипников скольжения?

117 В каких случаях выбор подшипников производится по статической грузоподъемности?

118 Основные виды разрушения деталей подшипников качения.

119 Как определяется критическая частота вращения вала?

120 Назовите условие жесткости валов.

Проверьте свои знания по предложенным вопросам и только при затруднении с ответом посмотрите соответствующий номер вопроса в разделе ответы.

ОТВЕТЫ НА КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1 Сила - есть мера взаимодействия тел, это векторная величина, характеризующаяся модулем, точкой приложения и направлением.

2 Сила, которую надо приложить к телу массой 1 кг, чтобы сообщить ему ускорение 1 м/с^2.

3 Масса- одна из основных физических характеристик материи, являющаяся мерой ее инерционных и гравитационных свойств.

4 Масса - мера инертности тела в поступательном движении. Вес тела- сила, с которой тело действует вследствие тяготения к земле на опору (или подвес), удерживающую его от свободного падения.

5 При взвешивании на весах имеем массу тела.

6 Скорость - одна из характеристик движения материальной точки. Скорость поступательного движения есть отношение перемещения к промежутку времени, за которое произошло это перемещение. Виды скорости: поступательная (линейная), угловая.

7 Связь между линейной и угловой скоростью выражена $\mathbf{V=\omega R}$, где R-радиус кривой.

8 Связь между угловой скоростью и частотой вращения выражена $\mathbf{\omega=\pi n/30}$.

9 Ускорение – векторная величина, характеризующая быстроту изменения с течением времени вектора скорости точки, т.е. $\mathbf{a=V/t}$ или $\mathbf{\varepsilon=\omega/t}$.

Ускорение по виду движения: поступательное, угловое, ускорение Кориолиса. У вращающегося тела или при движении по кривой различают касательное ускорение $\mathbf{a_t=dv/dt}$ и нормальное- $\mathbf{a_n=v^2/R}$.

10 Характеристикой тела в поступательном движении является масса тела, во вращательном- момент инерции массы тела.

11 Сила инерции тела – векторная величина, равная по модулю произведению массы тела на его ускорение и направлено противоположно этому направлению. При резком трогании транспортного средства, пассажир откидывается назад, при резком торможении- вперед.

12 Моментом инерции массы тела относительно оси называется скалярная величина, равная сумме произведений масс всех точек тела на квадраты их расстояний от этой оси, $\Im_x = \sum m_i y_i^2$ или

$\Im_x = \int_v dm y_i^2$. Момент инерции массы тела является мерой инертности тела при вращательном движении. Используется в динамических уравнениях машин и механизмов.

13 Момент инерции сечения тела относительно оси равен $\Im_x = \int_F dF y_i^2$, он является геометрической характеристикой сечения тела при изгибе относительно этой оси. Используется при расчете на прочность изделий при изгибе.

14 КПД - есть показатель, характеризующий потери машины или устройства на вредные сопротивления, определяется отношением полезной работы (мощности) на затраченную работу (мощность). Или есть разница между единицей и коэффициентом потерь в машине или устройстве.

15 КПД устройства, равное 0,3 и 0,8 означает, что 70% и 20% передаваемой энергии тратится на вредные сопротивления и только 30 и 80%- на полезные. КПД, равное 1,1 не может быть вообще.

16 КПД можно определить теоретическим и экспериментальным способами. Можно, как отношение полезной работы (мощности) к затраченной работе (мощности). Можно, как разность между единицей и коэффициентом потерь в машине, устройстве.

17 КПД передачи из двух зубчатых колес определяется через отношение полезной работы к затраченной. Полезная работа на ведомом колесе равна произведению момента на угол поворота колеса, затраченная работа на ведущей шестерни - произведению момента на угол поворота шестерни. Практически определить можно так: закрепить на колесе и шестерни рычаги, на один из них подвесить груз, другой рычаг привести в движение через динамометр, замерить силу динамометром, углы поворота шестерни и колеса, произвести вычисления.

Момент определяется произведением веса груза на плечо поворота и произведением силы, замеренной динамометром на плечо приложения силы.

18 КПД автомобиля 0,3; 0,5 и 0,9 указывает на то, что у первого 70%, у второго 50% и третьего 10% энергии расходуется на вредные сопротивления. Если выразить через 10 л бензина в баке, то у первого 7, у второго 5 и у третьего 1 литр расходуются на вредные сопротивления.

19 КПД устройств можно увеличить уменьшением вредных сопротивлений.

20 Сила трения есть произведение нормального давления тела на коэффициент трения, сила трения направлена всегда против движения тела. Сила трения **F=Nf** зависит от значения нормального давления, состояния трущихся поверхностей.

21 Угол трения есть угол между нормальной реакцией и результирующей сил трения и нормальной реакции. Свойство угла такое, если сила действует на тело внутри конуса, образованного результирующей силой, то привести тело в движение невозможно.

Это свойство используют для увеличения трения, например, в треугольной резьбе, угол наклона винтовой линии которой всегда меньше приведенного угла трения; в червячной передаче угол наклона витков меньше приведенного угла трения (самоторможение).

22 Связь между углом трения и коэффициентом трения - $\mathbf{tg\varphi=f}$.

23 Приведенный коэффициент трения указывает на то, что трение тел происходит по поверхностям, отличающимися от горизонтальной плоскости (от условий, при которых экспериментально определялось значение коэффициентов трения тел из различных материалов).

При иной поверхности меняются давления тел и другие параметры, все это учитывается приведенным коэффициентом трения. Например, приведенный коэффициент трения в приработанном подшипнике скольжения равен $\mathbf{f'=1,27f}$.

24 Тело скользит по наклонной плоскости тогда, когда движущая сила $\mathbf{mg\sin\alpha}$ больше силы трения $\mathbf{mg\,f\cos\alpha}$ (**α**- угол наклона плоскости).

25 Момент трения равен произведению силы трения **Nf** на плечо трения $\mathbf{M_{тр}=Nfh}$. Например, момент трения в опоре подшипника скольжения равен $\mathbf{M_{тр}=0,5Rf'd_ц}$ (R- радиальное давление; f'- приведенный коэффициент трения; $d_ц$- диаметр цапфы).

26 Работа есть произведение силы на расстояние. При поступательном движении $\mathbf{A=Ps\cos\alpha}$ (**α**-угол наклона действия силы к горизонту), при вращательном $\mathbf{A=M\varphi}$ (М –момент, φ-угол поворота).

27 Мощность есть произведенная работа в единицу времени. При поступательном движении $\mathbf{N=A/t=Ps/t=Pv}$, при вращательном $\mathbf{N=A/t=M\varphi/t=M\omega}$.

28 Размерность работы- Джоуль. Джоуль равен работе, совершаемой силой 1Н при перемещении точки ее приложения на 1 м в направлении действия силы, **1 Дж=1Нм**.

Размерность мощности ватт (**Вт**). Ватт равен мощности, при которой совершается работа 1 Дж за время 1 с, **1 Вт=Нм/с**.

29 Электродвигатель для механизма подъема подбирается по мощности, меньшей расчетной с учетом ПВ (продолжительность включения). Для механизма передвижения- по мощности, равной расчетной с учетом ПВ.

30 КПД подвижного блока больше, чем неподвижного, так как потери в подвижном блоке меньше, чем в неподвижном. Это объясняется тем, что давление в цапфе подвижного блока меньше, чем у неподвижного.

31 Самоторможение в соединении гайка-болт означает, что гайка не может отвинчиваться без воздействия внешних сил. Условие самоторможения запишется $\boldsymbol{\beta < \varphi'}$, угол наклона винтовой линии меньше приведенного угла трения.

32 Самоторможение в червячном зацеплении означает, что передача от червячного колеса к червяку невозможна. Условие самоторможения $\boldsymbol{\alpha < \varphi'}$, угол наклона винтовой линии витка меньше приведенного угла трения.

33 Заходность червяка аналогична числу зубьев шестерни, т.е., если заходность 1,2,4, то шестерня имеет число зубьев 1,2,4. Заходность определяется $\mathbf{z_2/u=z_1}$, число зубьев червячного колеса делится на передаточное число.

34 Коэффициент диаметра червяка- термин, который введен из-за того, что при определении диаметра червяка по формуле $\mathbf{d_1=mz_1}$ диаметр очень мал, порядка 5…25 мм и неприемлем для изготовления и работы.

35 Передаточное отношение есть отношение угловой скорости (частоты) ведущего вала к угловой скорости (частоте) ведомого вала. Передаточное число- есть отношение числа зубьев ведомого колеса (ведомого диаметра в ременной передаче) к числу зубьев ведущей шестерни (ведущего диаметра).

Передаточное отношение может быть положительным и отрицательным, а передаточное число только положительным.

36 КПД последовательно соединенных передач равно произведению КПД отдельных передач, т.е. $\boldsymbol{\eta=\eta_1\, \eta_2\, \eta_3 \ldots \eta_n}$.

Отсюда следует, что КПД всей машины будет меньше самого низкого КПД отдельных механизмов.

КПД параллельно соединенных механизмов равно

$$\eta = \frac{\eta_1 N_1 + \eta_2 N_2 + \cdots + \eta_n N_n}{N_1 + N_2 + N_3 + \cdots + N_n},$$

где $N_1,\ldots N_n$- соответственно затраченные мощности первого… n механизмов;

$\eta_1 \ldots \eta_n$- соответственно КПД первого … n механизмов.

Отсюда следует, что КПД всей машины будет выше, чем самый низкий КПД, и ниже, чем самый высокий КПД отдельных механизмов.

37 Передаточное отношение последовательно соединенных передач равно произведению передаточных отношений отдельных передач.

38 Прочность детали определяется по условию – действующее напряжение в детали должно быть меньше допускаемого напряжения того материала, из которого изготовлена деталь.

39 ***Условие жесткости изделия при растяжении*** определяется $\boldsymbol{\varepsilon < [\varepsilon]}$, т.е. относительное удлинение должно быть меньше допускаемого. Если

учесть, что **$\varepsilon=\sigma/E$** и **$\sigma=P/F$**, получим условие жесткости при растяжении, выраженное через относительные деформации **$P/EF\leq[\varepsilon]$.**

То же условие жесткости, выраженное через абсолютные деформации **$P\ell/EF\leq[\Delta\ell]$**.

Условие жесткости для сложного изгиба запишется $\sqrt{f_x^2+f_y^2}\leq[f]$, т.е. сумма прогибов по направлениям осей X и У должна быть меньше допускаемого прогиба.

Условие жесткости при кручении определяется сравнением угла закручивания с допускаемым углом закручивания, т.е. $\varphi\leq[\varphi]$ или $\dfrac{M_k l}{G\mathfrak{I}_p}\leq[\varphi]$.

40 Допускаемые напряжения при растяжении и кручении определяются формулами **$[\sigma]=\sigma_{пр}/(\psi_\sigma+K_\sigma/\varepsilon\beta)n$** и **$[\tau]=\tau_{пр}/(\psi_\tau+K_\tau/\varepsilon\beta)n$,**

где **$\sigma_{пр}$, $\tau_{пр}$ –** предельные нормальные, касательные напряжения, при достижении которых наступает разрушение;

ψ_σ, ψ_τ –коэффициенты чувствительности материала к ассиметрии цикла;

K_σ, K_τ - коэффициенты концентрации напряжений, берутся из таблиц;

ε- масштабный фактор, учитывающий размер детали;

β – коэффициент, учитывающий влияние шероховатости детали;

n –требуемый или нормативный коэффициент запаса прочности (**$n=n_1n_2n_3$**; **n_1** - учитывает степень точности расчетной схемы к действующей; **n_2** - учитывает степень однородности материала; **n_3** – учитывает степень безопасности в особых условиях эксплуатации).

41 Упругость - есть свойство тела восстанавливать свою форму и объем после прекращения действия внешних сил. Тело, обладающее этим свойством, называется упругим. В области упругих деформаций тел справедлив закон Гука.

42 Модуль продольной упругости **E** характеризует физические свойства материала и способность материала упруго сопротивляться линейной деформации или продольную (линейную) жесткость материала. Измеряется в **Па (Н/м^2**).

43 Закон Гука устанавливает зависимость между напряжением и деформацией и выражается уравнением **$\sigma=\varepsilon E$**, т.е. нормальное напряжение прямо пропорционально относительному удлинению.

44 Модуль сдвига характеризует способность материала упруго сопротивляться сдвигу или жесткость материала при сдвиге. Размерность модуля сдвига **Па (Н/м^2**).

45 Касательное напряжение прямо пропорционально углу сдвига и выражается уравнением $\boldsymbol{\tau=\varphi G}$.

46 Геометрической характеристикой тела при растяжении является площадь сечения, при изгибе- осевые моменты инерции сечения тела относительно соответствующих осей, при кручении- полярный момент инерции сечения тела относительно оси стержня.

47 Листовые рессоры в автомобиле устанавливаются не ребром потому, что момент инерции сечения тела относительно оси ребра в несколько раз больше момента инерции сечения тела относительно оси грани.

48 Касательные напряжения при кручении определяются формулой $\boldsymbol{\tau=M_к r/J_p}$, в соответсвиии с формулой в центре вала $\mathbf{r=0}$ и касательные напряжения будут равны нулю, т.е. металл в центре вала не работает, поэтому валы изготавливают в виде труб.

49 Недостаток одинарного полиспаста заключается в перекосе подвески при подъеме и опускании груза.

50 Перекос подвески в одинарных полиспастах отсутствует при кратности, равной двум, а также трем, если канат закреплен на оси подвески в плоскости канатов.

51 Одинаковое значение натяжения в канатах полиспаста будут у сдвоенных полиспастов в симметричных ветвях.

52 Недостаток сдвоенного полиспаста- в удвоенном количестве блоков и ветвей каната.

53 Натяжение в любой из ветвей полиспаста определяется по выражению $\boldsymbol{S_{нб}= S_{сб}\eta_б}$, т.е. натяжение в набегающей ветви равно натяжению в сбегающей, умноженной на КПД блока, соответственно натяжение в сбегающей ветви, $\boldsymbol{S_{сб}= S_{нб}/ \eta_б}$.

54 КПД полиспаста можно увеличить уменьшением потерь в блоке: уменьшением трения в цапфе и жесткости каната.

55 Недостаток ленточных тормозов: большое давление на вал шкива, неравномерность износа ленты, разные усилия на рычаге при изменении вращения тормозного шкива.

56 Недостаток дифференциального тормоза: большое давление на вал шкива, неравномерность износа ленты, самозатягивание (самоторможение).

57 Типовой тормоз (колодочный и ленточный) подбирается по тормозному моменту, диаметру тормозного шкива и ПВ (продолжительность включения).

58 Магнит для замыкания тормоза подбирается по силе действия на рычаг и ходу рычага так, чтобы $\boldsymbol{P_м>P_р}$ и $\boldsymbol{X_м>X_р}$.

59 Дифференциальный тормоз работоспособен тогда, когда: действующее удельное давление меньше допускаемого удельного давления материала тормозной колодки, плечи крепления концов ленты к рычагу

должны удовлетворять условию $\mathbf{a>ce^{f'\alpha}}$ или $\mathbf{c>ae^{f'\alpha}}$ при соответствующих направлениях вращения шкива.

60 Неравномерность износа ленты возникает от того, что натяжения в набегающей ветви (соответственно и давление) больше, чем таковое в сбегающей, следовательно, силы трения и износ в набегающей ветви больше, чем в сбегающей.

61 Потери в червячной передаче складываются из потерь в опорах валов, потерь в зацеплении зубьев с витками червяка и потерь скольжения зубьев колеса вдоль витков червяка.

62 Выигрыш в силе у ручной тали можно определить экспериментально, для чего подвесить груз на крюк и динамометром без ускорения произвести подъем груза. Выигрыш в силе равен отношению веса груза на усилие в приводной цепи (определяется по показаниям динамометра).

Можно определить выигрыш в силе теоретически через параметры редуктора и полиспаста по выражению (предлагается студентам самим вывести это выражение)

$$\mathbf{u_р\ i_п\ \eta_р\ \eta_п\ (D_п/D_з),}$$

где $u_р$ $i_п$- передаточное число редуктора и кратность полиспаста;

$\eta_р$, $\eta_п$ –КПД редуктора и полиспаста;

$D_п$, $D_з$ –диаметры приводной и грузовой звездочек.

63 Подбирать цепь необходимо по правилам Госгортехнадзора по условию $\mathbf{S_{max}\ n \le S_{разр}}$,

где $\mathbf{S_{max}}$ **–** максимальное натяжение в цепи, кН;

n – коэффициент запаса прочности (из таблиц);

$\mathbf{S_{разр}}$- разрывное усилие цепи, кН (берется из таблиц).

Максимальное усилие в грузовой цепи определяется $\mathbf{S_{max}=mg/i_п\ \eta_п}$.

Максимальное усилие в приводной цепи $\mathbf{S_{max}=mgD_з/D_п\ u_р\ i_п\ \eta_р\ \eta_п}$.

Для подбора цепей необходимо подставить значения параметров тали и полиспаста, сделать вычисления и подобрать по каталогу цепи.

64 КПД полиспаста ручной тали теоретически определяется $\mathbf{\eta_п= \eta_з}$ (полиспаст тали имеет кратность 2, т.е. одну подвижную звездочку).

КПД полиспаста экспериментально определяется так: подвешивают на крюк полиспаста груз и динамометром производят подъем груза через одну из ветвей цепи подвески, замеряют высоту подъема груза, расстояние подъема приводной цепи и показания динамометра. Полезная работа полиспаста будет равна произведению веса груза на высоту подъема груза, затраченная работа определяется произведением силы на приводной цепи на величину ее перемещения. КПД определяется отношением полезной работы к затраченной.

65 КПД редуктора теоретически определяется выражением

$$\mathbf{\eta_р= \eta_о\ \eta_в\ \eta_з,}$$

где $\eta_о$, $\eta_в$, $\eta_з$ **–** соответственно КПД опорных валов, скольжения зубьев колеса вдоль витков и зацепления зубьев колеса и витков червяка.

Экспериментально КПД определяется отношением полезной работы к затраченной. Полезная работа равна произведению веса груза на высоту его подъема, затраченная- произведением усилия на приводной цепи (определяется динамометром) на величину перемещения цепи.

66 Спроектировать ручную таль с выигрышем в силе в любое число **n** раз можно с учетом выражения $(D_п /D_з)\ u_р\ i_п\ \eta_р\ \eta_п = n$ (в формуле соответственно обозначены диаметры приводной и грузовой звездочек, передаточного числа, кратности полиспаста, КПД редуктора и полиспаста).

67 Увеличить КПД ручной тали можно увеличением КПД редуктора тали и полиспаста - это можно сделать через уменьшение потерь в редукторе и полиспасте (практически обеспечить хорошую смазку трущихся деталей).

68 Условие работы ременной передачи без буксования должно быть при коэффициенте скольжения $\varepsilon \le (0{,}01…0{,}03)$, $S_{нб}=S_{сб} \cdot e^{f'\alpha}$ и соответствующем предварительном натяжении ремня.

69 Тяговая способность ременной передачи определяется коэффициентом тяги, равным отношению окружной силы $P = S_1 - S_2$ к сумме натяжений ветвей $S_1 + S_2 = 2S_0$. $\varphi = (S_1 - S_2)/(S_1+S_2)$.

Коэффициент тяги показывает, какая часть предварительного натяжения используется полезно для передачи нагрузки, т.е. степень загруженности передачи.

70 Чтобы увеличить тяговую способность плоскоременной передачи, необходимо проанализировать формулу коэффициента тяги. Из формулы видно, что для увеличения коэффициента тяги необходимо увеличить значение числителя, т.е. разность $(S_1 - S_2)$. По формуле Эйлера связь между натяжениями запишется $S_1=S_2e^{f`\alpha}$ , следовательно, увеличить разность натяжений можно двумя параметрами: f`- приведенным коэффициентом трения и углом α обхвата, который увеличивают дополнительным натяжным роликом.

Предварительное натяжение ремня влияет на коэффициент тяги, но злоупотреблять этим нельзя, поскольку, излишнее натяжение снижает долговечность ремня и КПД. С этих позиций целесообразно автоматическое натяжение ремня.

71 Основной критерий потери работоспособности цепной передачи является износ шарниров цепи, поэтому критерием работоспособности является условие $p \le [p]$, т.е. удельное давление в шарнире меньше допускаемого $p = P/dB \le [p]$ (P- окружная сила, d и B – диаметр валика и ширина цепи).

72 При сборке цепной (ременной) передачи необходимо соблюдать 2 условия: натяжение цепи (ремня) и расположение звездочек (шкивов) в одной плоскости.

73 При сборке электродвигателя и редуктора необходимо обеспечить минимальное значение допуска соосности и перекоса валов электродвигателя и редуктора, о чем производится запись в технических требованиях сборочного чертежа.

74 Самоустанавливающиеся подшипники устраняют нагрузки на подшипник там, где возможен перекос (деформации) расположения опор валов. Например, в зерноуборочном комбайне вал молотильного барабана установлен на самоустанавливающихся подшипниках. В грузоподъемных машинах опоры поворотной колонны, в приводных колесах механизмов передвижения также установлены самоустанавливающиеся подшипники.

75 Из двух болтов с одинаковым внешним диаметром прочнее будет болт с мелким шагом, так как у него внутренний диаметр будет больше, а расчет болта ведется по внутреннему диаметру.

76 Податливость болта λ связана с деформацией $\Delta\ell$ и нагрузкой P выражением $\boldsymbol{\Delta\ell=P\lambda}$ и определяется $\boldsymbol{\lambda=\ell/EF}$ (где ℓ- длина болта, находящегося под нагрузкой; E – модуль продольной упругости материала болта; F- площадь сечения болта).

Исходя из формулы, податливость болта зависит от материала, длины и площади сечения болта. Увеличить податливость болта можно длиной болта (для чего под гайку подложить втулку определенной высоты) и уменьшением площади сечения стержня болта, для чего высверливают продольное отверстие. Материал в готовом болте изменить не можем (это возможно при изготовлении болта).

77 Гайка на болте не будет самотормозящей тогда, когда угол наклона винтовой линии будет больше приведенного угла трения.

78 Прочность гаек разной высоты будут одинаковы, так как нагрузка на витки гайки распределяются не одинаково. Первый виток воспринимает 0,52P, второй -0,25P, третий-0,12P, четвертый- 0,06P, пятый- 0,03P и шестой виток- 0,02P, далее увеличение витков ничего не дают.

79 Условие нераскрытия стыка должно быть при $\mathbf{F_c>0}$ или $\mathbf{F_c=P_з-(1-\chi)P}$ (где $P_з$- величина предварительной затяжки болта; P- внешняя сила, приложенная к соединению после затяжки; χ-коэффициент внешней нагрузки).

80 Нагрузка на шарики в подшипниках качения при внешней нагрузке P распределена неравномерно. На первый шарик действует сила $\mathbf{P_o=5P/z}$, на два вторых $\mathbf{P_1=P_o\cos^{3/2}\gamma}$, на два третьих $\mathbf{P_2=P_o\cos^{3/2}2\gamma}$, верхние шарики нагрузку не воспринимают (z- число шариков; γ- угол между шариками, $\gamma=360^0/z$).

81 При сборке подшипников качения необходимо обеспечить отсутствие дополнительной нагрузки от неточности монтажа, не было бы воздействия от изменения температуры, подшипники были бы защищены от пыли и грязи.

82 Подшипники качения подбираются по статической грузоподъемности по условию $P_o \le C_o$ при n<1 мин$^{-1}$.

$$P_o = x_o F_r + y_o F_a,$$

где P_o- эквивалентная нагрузка на подшипник, Н;

x_o,y_o – коэффициенты радиальной и осевой нагрузок (из таблиц);

F_r, F_a – соответственно, радиальная и осевая нагрузки, Н.

C_o- статическая грузоподъемность, Н.

Подбираются и по динамической грузоподъемности по условию $C_э < C_к$
при n>1 мин$^{-1}$. Долговечность подшипника в млн оборотов $\mathbf{L=(C/P)^m}$ или $\mathbf{L=60nL_h/10^6}$ (здесь $C_э$- расчетная нагрузка; $C_к$- грузоподъемность из каталога; n –частота вращения вала; L_h- срок службы в часах).

83 Открытые зубчатые передачи рассчитываются по изгибным напряжениям, сравниваются действующие напряжения с допускаемыми напряжениями материала, из которого изготовлены колеса.

Закрытые зубчатые передачи рассчитываются по контактным напряжениям, опять же сравнение действующих напряжений с допускаемыми.

84 Подача любой транспортирующей машины в т/ч определяется по выражению **П=3,6 qv** (q- погонная масса груза, кг/м; v- скорость транспортирования, м/с). Погонная масса определяется $\mathbf{q=F\gamma\psi}$ (F-площадь сечения потока груза,м^2; γ- насыпная масса груза, кг/м^3; ψ- коэффициент заполнения рабочего объема).

85 Подача транспортирующей машины проверяется (определяется) просто. Включают машину на транспортирование, затем производят забор груза за несколько секунд и составляют пропорцию для определения часовой подачи. Например, за 25 с → 4,5 кг, за 3600 с → Х кг. И Х=3600·4,5/25=648 кг/ч или 0,6 т/ч.

86 Для предохранения рабочих органов транспортирующих машин от поломок используют предохранительные муфты, срезные штифты, предохранительные функции выполняет и ременная передача.

87 Насыпной груз характеризуется: гранулометрическим составом, насыпной массой, подвижностью частиц, истирающей способностью, коррозирующим свойством, взрывоопасностью, самовозгораемостью, ядовитостью, слеживаемостью, смерзаемостью.

88 Давление есть отношение нагрузки к к площади воздействия, измеряется в Н/м^2 (Па). Например, давление колес трактора на почву и т.д.

89 При ударе лезвием топора в месте удара действуют действующие напряжения, которые значительно превосходят допускаемые напряжения материала дерева и дерево легко разрушается. При ударе обухом действующие напряжения значительно меньше и происходит только смятие материала.

90 Момент сопротивления сечения тела есть отношение момента инерции сечения тела и расстояния до оси, т.е. **W=J/x**.

Момент сопротивления может быть осевым и полярным. Осевой момент используется при расчете прочности деталей на изгиб, полярный момент сопротивления используется при расчете деталей при кручении.

Момент сопротивления имеет размерность $м^3$.

91 Золотое правило механики «***Выигрываем в силе – проигрываем в расстоянии (скорости) и наоборот***».

92 Передаточное отношение редуктора определяется следующим образом. Считают число оборотов ведущего вала при одном обороте ведомого вала. Число оборотов ведущего вала и будет равно передаточному отношению.

93 Коробка передач в автомобиле используется для увеличения крутящего момента на приводных колесах. Поскольку автомобиль при трогании с места и разгоне имеет переменную скорость, то появляется ускорение **a**, которое при массе **m** автомобиля создает инерционную силу **P=ma**. При большой массе автомобиля и большом ускорении эта сила достаточно велика и на прямой передаче мощности двигателя не хватает. Кроме этой силы необходимо преодолеть силы сопротивления колес по грунту, другие вредные сопротивления.

Когда автомобиль разгонится до постоянной скорости движения, ускорение будет равно нулю, инерционная сила будет равна нулю и мощность двигателя расходуется на преодоление сопротивления колес, лобовое сопротивление воздуха и другие вредные потери. Теперь автомобиль едет на прямой передаче и скорость регулируется частотой вращения коленвала.

94 Муфты выполняют несколько функций: соединяют валы, передают крутящий момент, компенсируют несоосность и перекос валов, предохраняют от перегрузки, для включения и выключения исполнительных механизмов, для уменьшения динамических нагрузок (упругие муфты).

Муфты различаются по принципу действия (механические, электрические, гидравлические) и управления (постоянно действующие, управляемые, автоматические), назначению и конструкции.

Муфты необходимо устанавливать так, чтобы не было отклонения от соосности валов и перекоса и было соответствующее расстояние между торцами полумуфт.

95 Механизм подъема или другой механизм, а также машина имеют три периода работы: пуск и разгон, установившееся движение, торможение и остановка.

96 При пуске механизма подъема электродвигатель преодолевает статический момент от подъема груза, инерционный момент от подъема груза и инерционный момент от вращающихся элементов привода.

97 При установившемся периоде работы механизма подъема электродвигатель преодолевает только статический момент от подъема груза с постоянной скоростью, в механизме передвижения- момент от сил трения в цапфах колес и трение качения.

98 Типовой редуктор для механизма подъема подбирается по передаточному отношению, с учетом оборотов электродвигателя, режима работы (ПВ) и мощности электродвигателя.

99 Муфту для соединения валов электродвигателя и редуктора подбирают по передаваемому моменту, с учетом диаметров соединяемых валов.

100 Электродвигатель для механизма поворота подбирают по мощности, равной или большей расчетной, с учетом режима работы.

101 Канат подбирается по правилам Госгортехнадзора по условию $\mathbf{S_{max} n \leq S_{разр}}$ (S_{max}-максимальное усилие в канате, кН; n- коэффициент запаса; $S_{разр}$- разрушающее усилие в канате, кН -из каталога).

102 Канат бракуется по износу или коррозии проволок и по числу обрыва проволок на одном шаге свивки каната.

103 ПВ (продолжительность включения) характеризует отношение времени работы механизма подъема за цикл ко времени всего цикла, выраженного в процентах. ПВ касается грузоподъемных машин.

104 Мешок массой 50 кг при отрыве от пола имеет переменную скорость, следовательно, поднимается с ускорение **a**, поэтому к весу мешка прибавится сила инерции, равна **ma** и вес поднимаемого мешка будет равен (**mg +ma**) Н.

105 Один и тот же редуктор передает разную мощность: при меньшем ПВ- большую, при большем ПВ- меньшую.

106 При проектном расчете определяются размеры детали по формулам, соответствующим основным критериям работоспособности по допускаемым напряжениям.

При проверочном расчете по известным размерам детали проверяются основные условия прочности.

107 Жесткость детали проверяется сравнением действующей деформации, прогиба, угла закручивания с допускаемыми значениями деформации, прогиба, угла закручивания.

108 Долговечность цепи проверяется по сравнению удельного давления в шарнирах с допускаемым, по коэффициенту запаса прочности,

по числу входов в зацепление с обеими звездочками (числу ударов) **$u \le [u]$, $u = zn/30L_p = 2V/L$** (z,n- число зубьев и частота вращения; L_p-число звеньев цепи; V-окружная скорость; L- длина цепи).

109 Основные разрушения у цепных передач: износ шарниров, приводящий к удлинению цепи и неправильному зацеплению ее со звездочками (допускается 1,5…2,5%); усталостное разрушение пластин по проушинам; проворачивание осей и втулок в пластинах в местах запрессовки; выкрашивание и раскалывание роликов; износ зубьев звездочек.

110 Галтель- скругление внутренних и внешних углов на деталях машин. Галтель снижает внутреннее напряжение в местах резкого перехода поверхностей.

Буртик служит для ограничения передвижения детали по валу. Проточки выполняются в местах нарезания резьбы и для выхода шлифовального инструмента.

111 Шпонки ненапряженные (призматические, сегментные, торцовые, цилиндрические, шестигранные) и напряженные (клиновые, врезные, на лыске, фрикционные, тангенциальные).

112 Недостаток клиновых шпонок: ухудшает центрирование детали и приводит к перекосу, могут возникать трещины при забивании.

113 При жидкостном трении у подшипников скольжения должен быть клиновой зазор и необходима определенная скорость, больше некоторой критической.

114 Масляный слой между валом и втулкой подшипника создает давление только в сужающемся зазоре, который принято называть клиновым.

115 Подшипник скольжения используется в тех случаях, когда применение подшипника качения нецелесообразно: разъемные подшипники в коленчатых валах, подшипники тяжелых валов диаметром до 1 м и более, особо точное направление валов; подшипники, воспринимающие ударные и вибрационные нагрузки; подшипники, работающие в особых условиях (вода, агрессивные среды и т.д.)

116 Подшипники различаются по виду трения: подшипники скольжения – вал скользит по поверхности втулки, у подшипника качения вал катится относительно опоры.

117 Выбор подшипника качения по статической грузоподъемности производится при частоте вращения вала, меньше одного оборота в минуту.

118 Основные виды разрушения деталей подшипников качения: усталостное выкрашивание, износ, разрушение сепараторов, раскалывание колец и тел качения, остаточные деформации.

119 Критическая частота вращения вала определяется

$$\omega_k = 30\sqrt{K/G},$$

где $К=48EJ/L^3$ (E- модуль упругости;J-осевой момент инерции сечения вала; L- расстояние между опорами вала; G –вес вала).

120 Условие жесткости валов: по прогибу, углу поворота оси вала в опорах, по углу скручивания, которые сравниваются с допускаемыми значениями жесткости, угла поворота и угла скручивания.

Учебное издание

Мурадов Александр Григовьевич

Султанов Вячеслав Андреевич

Детали машин

Учебно-методическое пособие