МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
КАЗАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Методические указания

к практическим занятиям по дисциплинам программы академической магистратуры:
Долговечность и эксплуатационная надежность строительных конструкций зданий и сооружений

Б1.В.02 Теория долговечности материалов, изделий и конструкций

Направление подготовки
08.04.01 Строительство

Квалификация выпускника
МАГИСТР

Форма обучения
Очная

Кафедра
Строительных материалов

г. Казань - 2018 г.

Целью методических указаний является помощь в проведении практических занятий по дисциплинам программы **«Долговечность и эксплуатационная надежность строительных конструкций зданий и сооружений»,** способствующих углублению уровня освоения у обучающихся компетенций в области способов и методов прогнозирования долговечности зданий и сооружений, закрепление теоретических и практических вопросов долговечности.

Компетенции формируемые в результате освоения дисциплины	способностью демонстрировать знания фундаментальных и прикладных дисциплин программы магистратуры **(ОПК-4**); способностью и готовностью проводить научные эксперименты с использованием современного исследовательского оборудования и приборов, оценивать результаты исследований **(ОПК-11);** способностью разрабатывать физические и математические (компьютерные) модели явлений и объектов, относящихся к профилю деятельности **(ПК-7);** владением методами мониторинга и оценки технического состояния зданий, сооружений, их частей и инженерного оборудования **(ПК-19);**
Знания, умения и навыки, получаемые в процессе освоения дисциплины	**Знать:** фундаментальны и прикладные дисциплин программы магистратуры; общие правила сбора и анализа и систематизации информации по теме исследования, методы мониторинга и оценки технического состояния зданий, сооружений, их частей и инженерного оборудования. **Уметь:** проводить научные эксперименты с использованием современного исследовательского оборудования и приборов, оценивать результаты исследований. **Владеть:** способностью разрабатывать физические и математические (компьютерные) модели явлений и объектов, относящихся к профилю деятельности и сроков службы строительных конструкций; Способностью проводить и обрабатывать результаты испытаний, проводить расчеты несущей способности конструкций и элементов здания с учетом их остаточного ресурса.

ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения программы **«Долговечность и эксплуатационная надежность строительных конструкций зданий и сооружений»** обучающийся должен овладеть следующими навыками:

Таблица 1. Карта формирования компетенций по дисциплине

Код компетенции	*Результаты освоения ОПОП Содержание компетенций (в соответствии с ФГОС ВО)*	*Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине*
ОПК-4	*способностью демонстрировать знания фундаментальных и прикладных дисциплин программы ма-*	*Знать: основы расчета долговечности строительных материалов, изделий и конструкций.*
		Уметь: использовать для расчетов компьютерную технику.

	гистратуры (ОПК-4);	*Владеть: математическим аппаратом и вероятностными методами расчета.*
ОПК-11	*способностью и готовностью проводить научные эксперименты с использованием современного исследовательского оборудования и приборов, оценивать результаты исследований (ОПК-11);*	*Знать: основные характеристики оборудования для исследования долговечности строительных материалов, изделий и конструкций.*
		Уметь: проводить испытания долговечности материалов, изделий и конструкция в соответствие с нормативными правилами.
		Владеть: методами обработки результатов исследования.
ПК-7	*способностью разрабатывать физические и математические (компьютерные) модели явлений и объектов, относящихся к профилю деятельности (ПК-7)*	*Знать: основы физического и компьютерного моделирования.*
		Уметь: анализировать научно-исследовательский материал, используемый для построения моделей.
		Владеть: компьютером на уровне пользователя.
ПК-19	*владением методами мониторинга и оценки технического состояния зданий, сооружений, их частей и инженерного оборудования (ПК-19);*	*Знать: проявления процесса деградации строительных материалов, изделий и конструкций.*
		Уметь: предвидеть последствия деградации строительных материалов, изделий и конструкций.
		Владеть: основными методами оценки технического состояния материалов, изделий и конструкций..

Темы лекций

Наименование тем, лекций и программные вопросы	Очной
Раздел 1. Введение	
Тема 1:.Основные понятия Долговечность и надежность. Нормативная база надежности. Понятия теории и практики надежности. Вклад отечественных и зарубежных ученых в теорию надежности.	2
Раздел 2. Основные принципы прогнозирования долговечности	
Тема 2: Прогнозирование по изменению прочности Прочность материалов. Теории прочности Влияние теплового движения атомов на прочность. Отказ. Предельное состояние объекта.	2
Тема 3: Прогнозирование по изменению деформативности Деформативность. Виды продельных состояний. Критерии разрушения. Кинетическая концепция прочности. Теория С.Н. Журкова.	2
Тема 4: Прогнозирование по изменению теплопроводности Теплопроводность.Основные принципы теплопередачи. Термическое сопротивление. Предельные состояния при действии внешних факторов. Направления прогнозирования срока службы.	2
Тема 4: Прогнозирование по изменению теплопроводности Теплопроводность.Основные принципы теплопередачи. Термическое со-	2

противление. Предельные состояния при действии внешних факторов. Направления прогнозирования срока службы.	
Раздел 3. Долговечность материалов, изделий и конструкций	
Тема 5:Прогнозирование долговечности природных каменных материалов Действие атмосферных факторов. Степень агрессивности факторов. Разрушение природных каменных строительных материалов при воздействии сред. Критерии оценки стойкости. Прогнозирование долговечности.	2
Тема 6. Прогнозирование долговечности каменных материалов на основе вяжущих Коррозия бетонов. Оценочные критерии Конструктивные методы защиты. Химические методы защиты от коррозии. Прогнозирование долговечности.	2
Тема 7. Прогнозирование долговечности металлических материалов Дефекты и повреждения металлических конструкций. Классификация зданий и сооружений по степени агрессивности эксплуатационной среды. Влияние коррозионных разрушений на несущую способность конструкций. Сроки службы металлических конструкций в агрессивных средах и методы обеспечения их долговечности. Учет требований долговечности при проектировании металлических конструкций.	2
Тема 8 Прогнозирование долговечности материалов и изделий из древесины Эксплуатация деревянных конструкций, зданий и сооружений. Виды дефектного состояния деревянных конструкций. Диагностирование дефектов деревянных конструкций. Защита деревянных конструкций в условиях эксплуатации. Обеспечение долговечности деревянных конструкций.	2
Тема 9. Прогнозирование долговечности полимерных материалов, изделий и конструкций Эксплуатация полимерных конструкций, зданий и сооружений. Виды дефектного состояния полимерных конструкций. Диагностирование дефектов. Защита конструкций в условиях эксплуатации. Обеспечение долговечности конструкций.	2
Всего:	18

Практические занятия

Наименование занятий и рассматриваемые вопросы	Кол-во часов, для формы обучения Очной
ПЗ 1. Определение прочности материалов.	2
ПЗ 2. Влияние температуры и скорости нагружения на прочность материалов	2
ПЗ 3. Долговечности и надѐжности строительных материалов, изделий и конструкций. Изучение понятий	2
ПЗ 4 Методы определение долговечности материалов под нагрузкой	2
ПЗ 5 Влияние температуры на долговечность	2

ПЗ 6 Предельные состояния строительных объектов	4
ПЗ 7 Методы построения эмпирических зависимостей	2
ПЗ 8 Прочность и долговечность при переменных нагрузках	4
ПЗ 9 Прогнозирование долговечности по теплотехническим параметрам.	2
ПЗ 10 Теплотехнический расчет строительных конструкций	4
ПЗ-11 Расчет эквивалентных температур наружного воздуха и солнечной радиации	4
ПЗ 12 Прогнозирование долговечности конструкций по теплотехническим параметрам (расчет срока службы).	2
ПЗ 13 Среды и защита от коррозии. Определение относительной стойкости строительных материалов под действием агрессивных химических сред	2
ПЗ 14. Определение относительной стойкости строительных материалов под действием агрессивных химических сред	2
Всего:	36

Практическое занятие № 1-2
Определение прочности материалов
Влияние температуры и скорости нагружения на прочность материалов

1. Цель занятия:

Изучить и освоить методику определения прочности материалов различного вида при кратковременных испытаниях.
Изучить и освоить методику определения прочности материалов различного вида при длительных испытаниях.
Установить влияние температуры и скорости нагружения на прочность

2. Краткие теоретические сведения

Прочность характеризует способность твердых тел сохранять целостность под действием внешних механических нагрузок. Однако нередко термин «прочность» относят и к сопротивлению деформированию тел под нагрузкой. Учение о прочности развивалось первоначально на основе представлений теории упругости и пластичности, в рамках механики сплошных сред. Например, согласно Гриффиту, разрыв идеально упругих тел считался возможным, если количество упругой энергии, освобождающейся при росте трещин разрушения, было достаточным, чтобы скомпенсировать затраты энергии на образование новой поверхности разрыва.

В развитии физических представлений о разрушении твердых тел можно выделить два главных этапа.Одним из них явился переход от рассмотрения тел как упругих или вязко-упругих сплошных сред к рассмотрению их как атомно-молекулярных систем. Именно этот переход создал возможность расчета величины физической прочности твердых тел на основе теории сил межатомного и межмолекулярного сцепления. Рассчитанные значения

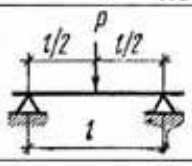
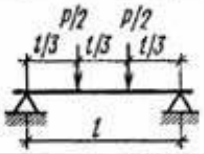
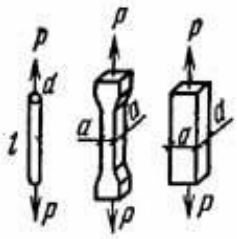
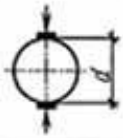
прочности, однако, оказались во много раз большими, чем измеряемые на опыте для реальных твердых тел.

Причиной падения реальной прочности по сравнению с теоретической прочностью идеально построенного тела считалось наличие в телах концентраторов напряжений (дефектов, микротрещин), вызывающих локальные перенапряжения и разрушение в этих местах межатомных связей.

Для количественной оценки реакции твердого тела на механические воздействия в соответствии с подобными представлениями вводятся понятия о *пределах упругости и текучести*, а также о *пределе прочности*. При испытаниях на растяжение предел прочности можно назвать также прочностью на разрыв или разрывным напряжением. Одновременно вводится понятие предельного состояния.

Второй важный этап в развитии физических представлений о прочности вслед за учетом атомного строения тел заключается в учете влияния теплового движения атомов в твердом теле на развитие разрушения. Наличие теплового движения атомов существенно меняет «механическую» задачу. В этом случае с внешней силой взаимодействует уже не статическая система связанных атомов, а система частиц, каждая из которых находится в колебательном тепловом движении, в результате которого происходят изменения локальных напряжений межатомных связей.

СХЕМА СТАНДАРТНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПРИ ИЗГИБЕ И РАСТЯЖЕНИИ

ОБРАЗЕЦ	СХЕМА ИСПЫТАНИЙ	РАСЧЁТНАЯ ФОРМУЛА	МАТЕРИАЛ	РАЗМЕР СТАНДАРТНОГО ОБРАЗЦА
ИСПЫТАНИЕ НА ИЗГИБ				
ПРИЗМА, КИРПИЧ В НАТУРЕ		$R_и=(3P\ell)/(2bh^2)$	ЦЕМЕНТ КИРПИЧ	4×4×16 12×6,5×25
ПРИЗМА		$R_{р.и}=(P\ell)/(bh^2)$	БЕТОН ДРЕВЕСИНА	15×15×60 2×2×30
ИСПЫТАНИЕ НА РАСТЯЖЕНИЕ				
СТЕРЖЕНЬ, ВОСЬМЁРКА, ПРИЗМА		$R_р=(4P)/(\pi d^2)$	БЕТОН	5×5×50 10×10×80
		$R_р=P/a^2$	СТАЛЬ	$d_0=1$; $\ell_0=5$; $\ell\geq10$
ЦИЛИНДР		$R_{р.р}=(2P)/(\pi d\ell)$	БЕТОН	15×15

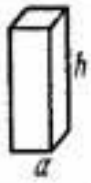
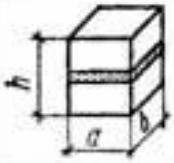
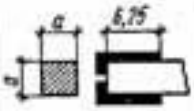
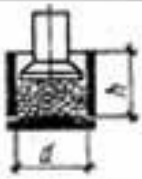
Из сказанного следует, что наряду с «обычным», чисто механическим способом разрыва межатомных связей, при котором рассоединение атомов осуществляется целиком за счет внешнего воздействия, когда уровень внешней силы достигает предельной величины, равной прочности межатомной связи (отсюда и выводился предел прочности), существует и другой, «необычный», смешанный способ разрушения. В этом случае рассоединение ато-

мов осуществляется при нагрузках, меньших прочности межатомных связей, причем «дорывание» напряженных межатомных связей осуществляют тепловые флуктуации. Учет разрушающей роли теплового движения, тепловых флуктуаций составляет основное содержание нового, кинетического подхода к проблеме прочности твердых тел.

3.Порядок выполнения расчетов

Расчеты выполняются в соответствие с заданием по формулам, приведенным в таблицах**.**

СХЕМА СТАНДАРТНЫХ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ ПРИ СЖАТИИ

ОБРАЗЕЦ	ЭСКИЗ	РАСЧЕТНАЯ ФОРМУЛА	МАТЕРИАЛ	РАЗМЕР СТАНДАРТНОГО ОБРАЗЦА, СМ.
КУБ		$R = P / a^2$	БЕТОН, РАСТВОР	15×15×15 7.07×7.07×7.07
			ПРИРОДНЫЙ КАМЕНЬ	5×5×5; 10×10×10; 15×15×15; 20×20×20
ЦИЛИНДР		$R = 4 P / (\pi d^2)$	БЕТОН	d=15; h=30
			ПРИРОДНЫЙ КАМЕНЬ	d=h=5; 7; 10; 15
ПРИЗМА		$R_{пр} = P/a^2$	БЕТОН	a=10; 15; 20; h=40; 60; 80
			ДРЕВЕСИНА	a=2; h=3
СОСТАВНОЙ ОБРАЗЕЦ		R = P/ S	КИРПИЧ	a=12; b=12,3; h=14
ПОЛОВИНА ОБРАЗЦА-ПРИЗМЫ, ИЗГОТОВЛЕННОЙ ИЗ ЦЕМЕНТНО-ПЕСЧАНОГО РАСТВОРА		R = P/ S	ЦЕМЕНТ	a=4; S=25СМ²
ПРОБА ЩЕБНЯ (ГРАВИЯ) В ЦИЛИНДРЕ		$Д_р=[(M_1-M_2)/M_1]\times100$	КРУПНЫЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ ДЛЯ БЕТОНА	a=15; h=15

4. Рабочее задание

Задача 1. Определить прочность материалов различного вида при кратковременных испытаниях.

Задача 2. Определить прочность материалов различного вида при длительных испытаниях.

5. Результаты выполнения расчетов

№ п	Матери-ал	Форма и размер	Вид и схема испытаний	Скор.нагруж.. мм/мин	Результаты		При-меч.
					σ, кг/см^2	P, кг	

6. Контрольные вопросы

1.Что называется прочностью?
2. В чем отличие кратковременной и длительной прочности?
3. Роль теплового движения атомов для теории прочности?
7. Выводы

Практическое занятие № 3 (2 часа)

Долговечность и надѐжность строительных материалов, изделий и конструкций. Изучение понятий

1. Цель занятия:

1) Изучить основные понятия надежности и долговечности в соответствие с нормативной документацией.
2) Установить критерии оценки установленных понятий.

2. Краткие теоретические сведения

Упрощенные понятия:
Долговечность – время до разрушения материала или конструкции под воздействием внешних факторов
Технические понятия:
Долговечность - способность изделия выполнять требуемую функцию до достижения предельного состояния при данных условиях использования и технического обслуживания. Данные условия" могут включать климатические, технические или экономические обстоятельства
Наряду с долговечностью состояние материала, изделия или конструкции характеризуют:
надежность строительного объекта - способности строительного объекта выполнять требуемые функции в течение расчетного срока эксплуатации;
безотказность - способность изделия выполнить требуемую функцию в заданном интервале времени при данных условиях;
ремонтопригодность - способность изделия при данных условиях использования и технического обслуживания к поддержанию или восстановлению состояния, в котором оно может выполнить требуемую функцию;
срок службы - продолжительность эксплуатации изделия или конструкции до наступления предельного состояния;
предельное состояние - состояние изделия, при котором его дальнейшая эксплуатация недопустима;

критерий предельного состояния - признаки предельного состояния, по которым принимают решение о его наступлении;
отказ - потеря способности изделия выполнить требуемую функцию;
деградация -необратимые изменения, ухудшающие способность изделия выполнять требуемую функцию, развивающиеся с течением времени.
Общенаучные понятия:
долговечность - комплексная характеристика качества материалов, определяющая способность сопротивляться внешним и внутренним факторам в течение возможно более длительного времени.
О долговечности судят по продолжительности изменения до критических пределов прочности, упругости или других свойств. С этой целью образцы или изделия подвергают в лабораторных или натурных (эксплуатационных) условиях воздействию комплекса механических, физических, химических и других факторов, реально воздействующих на конструкцию. После расчетного периода времени действия комплекса факторов, или определенного цикла испытаний, устанавливают степень изменения первоначальных числовых значений свойств и сравнивают с допустимой величиной их изменения.
О долговечности пока судят по отклонениям в структуре материала, хотя первопричиной изменения свойств обычно служит нарушение микро- или макроструктуры, отклонение общей структуры от оптимальной. В теории ИСК под долговечностью понимают способность материала сохранять в эксплуатационный период времени на допустимом уровне структурные характеристики (параметры), которые сложились в технологический, т.е. предэксплуатационный период.
Независимо от способа оценки долговечности — по изменению свойств или структуры — период долговечности условно можно разделить на три этапа, или временных элемента. До начала первого этапа имеется еще предэксплуатационный период, который характеризуется в основном набором и формированием структурных элементов и свойств. Он связан с выполнением технологических переделов и поэтому может быть назван как технологический. По сравнению с последующими этапами технологический период непродолжительный, хотя материал, еще не поступивший в эксплуатацию, может уже значительно изменить свою структуру и свойства, особенно при неблагоприятных условиях пребывания его в предэксплуатационное время.
Материал, помещенный в конструкции зданий и сооружений, на первом этапе долговечности характеризуется упрочнением структуры, или улучшением показателей свойств, второй этап — их относительной стабильностью, третий — деструкцией, т. е, медленным или быстрым нарушением структуры вплоть до ее критического уровня и даже полного разрушения, с соответствующим ухудшением показателей качества. У отдельных материалов в эксплуатационный период тот или иной этап в периоде долговечности может отсутствовать или его продолжительность столь мала, что принимается практически равной нулю. Может, например, полностью отсутствовать временной элемент упрочнения структуры или ее стабильного состояния. Что же касается этапа деструкции, то он почти неизбежен, хотя и не всегда наблюдаемый визуально. Гораздо реже деструкция протекает с огромной интенсивностью, когда временной элемент становится практически равным нулю.
Задача заключается в том, чтобы всемерно увеличивать долговечность, т. е. продолжительность каждого из трех взаимосвязанных временных элементов, особенно этапов упрочнения и стабильности структуры, добиваясь вместе с тем эффективного торможения деструкционных процессов.
Сущность упрочнения структуры на первом этапе долговечности заключается в том, что под влиянием внешней среды, нагрузок, инверсий фаз и т. п. в эксплуатационный период в материале, особенно в его вяжущей части, а также в контактных зонах возникают и со временем укрупняются новые (вторичные) структурные центры. Совместно с теми, которые возникли на ранней стадии формирования структуры (первичными), они участвуют в

дополнительном процессе уплотнения структуры, с увеличением концентрации той части твердой фазы, которая является основным носителем эффекта упрочнения. В результате не только наблюдается упрочнение структуры и прочности материала по отношению к механическим нагрузкам, но и улучшение некоторых других его свойств, в том числе свойств вяжущей части. Примером упрочнения структуры в эксплуатационный период может служить цементный бетон и его вяжущая (матричная) часть в виде цементного камня при контакте с щавелевой кислотой. Последняя, проникая в поры, образует малорастворимые соли и плотные продукты с очень низкой диффузионной проницаемостью. Особенно часто эффект упрочнения наблюдается в связи с доуплотнением под нагрузкой новообразованиями при соединении углекислого газа с известью в материале, перехода аморфного вещества в кристаллическое и т. п. Однако упрочнение структуры в эксплуатационный период составляет только тогда положительный эффект в долговечности материала, если оно не является следствием так называемого «старения». Под последним понимается часто наблюдаемое явление охрупчивания конгломератов на основе полимеров за счет протекания химических реакций, или рекристаллизации с увеличением в объеме новообразований. Старение переводит материал в состояние хрупкого микротрещинообразования и в конечном итоге резкого сокращения долговечности.

Второй этап — стабилизация структуры — характеризуется сравнительно неизменной концентрацией структурных элементов в единице объема материала и относительным постоянством показателей свойств. Практически уровень этих показателей имеет колебания за счет местных процессов упрочнения и деструкции, однако в целом сохраняется их сбалансированность на некотором среднем, «стабильном» уровне.

Третий этап долговечности — деструкция — самый типичный процесс эксплуатационного периода. Он может начаться с первого же момента эксплуатации конструкции, но может следовать также за этапами упрочнения и временной стабилизации структуры. Третий этап характеризуется нарушением структуры с возможной потерей ее сплошности, постепенным накоплением разрывов межатомных связей. Разрывы возникают под влиянием ускорения теплового движения атомов и молекул, развития механических, усадочных, осмотических и иных напряжений. Установлено, что процесс постепенного повреждения структуры сопутствует каждой, даже самой малоупругой деформации.

Кроме физических в период деструкции протекают химические и физико-химические процессы, которые обычно именуют как коррозионные. В широком смысле коррозия означает разъедание металла или другого материала под влиянием контакта с внешней агрессивной средой, проникания ее в поры и капилляры. Эти процессы коррозии усиливаются при одновременном воздействии физических факторов, если, например, материал находится в напряженном состоянии под влиянием растягивающих или сжимающих усилий или если вместе с агрессивной средой, например жидкой, материал подвержен воздействию низких отрицательных температур с циклическим замерзанием и оттаиванием жидкой среды в порах. На заключительной стадии деструкция переходит в интенсивный процесс образования опасных микро- и макротрещин, завершается полным или частичным разрушением конгломерата.

Определение и изучение долговечности и ее временных элементов производится на разных уровнях структуры — от молекулярной и надмолекулярной до макроскопической, причем всегда целесообразно начинать с характеристик структуры, а затем переходить к показателям свойств.

3. Порядок выполнения работы

Работа выполняется на практическом занятии с использованием нормативной , учебной и научно-технической литературы.

Студентам на занятие предоставляется ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований» и ГОСТ Р 27.002-2009 «Надежность в технике. Термины и определения».

Студенты самостоятельно оформляют представленные в ГОСТ положения о долговечности в тетради для практических занятий. Затем закрепляют материалы изучения при вербальном общении.

4. Рабочее задание

Рабочее задание формулируется в виде условия задачи:

Определить, изучить и оформить в виде записи в рабочем журнале основные понятия надежности и долговечности в соответствие с нормативной документацией.

Установить критерии оценки установленных понятий.

5. Содержание отчета

Отчет должен содержать следующие разделы.

1. Наименование и цель занятия.
2. Краткое описание методики выполнения работы.
3. Условие задачи.
4. Расчетные формулы и расчеты по ним (если используются).
5. Таблицы с результатами расчетов (если имеются)и выводы.

6. Контрольные вопросы

1. Что понимается под долговечностью строительной конструкции?
2. Что такое надежность?
3. Какие параметра состояния объекта Вам известны?

2.8. Выводы

Практическое занятие № 4

Методы определение долговечности материалов под нагрузкой

1. Цель занятия:
Изучить и освоить методику определения прочности и долговечности материалов различного вида при длительных испытаниях.

2. Краткие теоретические сведения

С точки зрения кинетической концепции разрушения долговечность может служить фундаментальной характеристикой механической прочности испытуемого материала. Ее можно рассматривать как величину, обратную усредненной скорости процесса разрушения:

$$\tau = 1/V_P.$$

Чтобы характеризовать прочностные свойства того или иного материала с точки зрения кинетической концепции, необходимо прежде всего иметь сведения о зависимости долговечности образцов из этого материала от условий разрушения, в первую очередь от приложенного напряжения σ и температуры испытания *T*. Комплекс экспериментальных данных о зависимости τ от σ и T характеризует прочностные свойства материала и позволяет сделать заключение о природе разрушения. Исследования, зависимости τ от σ и *T* и анализ результатов этих исследований составляют феноменологическую основу кинетической концепции прочности.

Прибор для измерения долговечности материалов под нагрузкой должен обеспечить выполнение двух основных требований: действующее растягивающее напряжение и температура не должны меняться в процессе данного испытания. Устройство для поддержания постоянства напряжения становится особенно необходимым в случае мягких материалов с большой деформацией

Принцип действия этого устройства ясен из рис. , на котором изображены основные конструктивные элементы прибора для измерения средних и больших значений долговечности. Испытуемый образец *1*, находящийся в зажимах, соединен гибкой тягой с блоком *2*. Блок постоянного радиуса r_0 жестко посажен на одном валу с фигурным рычагом *3*. По контурному профилю фигурного рычага проходит гибкая тяга, к которой подвешивается груз *P*, задающий растягивающее усилие. При удлинении образца блок *2* вместе с фигурным рычагом *3* поворачивается в направлении, указанном стрелкой, что приводит к уменьшению длины *R* плеча фигурного рычага, а следовательно, и силы, действующей на образец. Профиль фигурного рычага рассчитан таким образом, чтобы плечо *R* менялось в соответствии с уменьшением поперечного сечения образца.

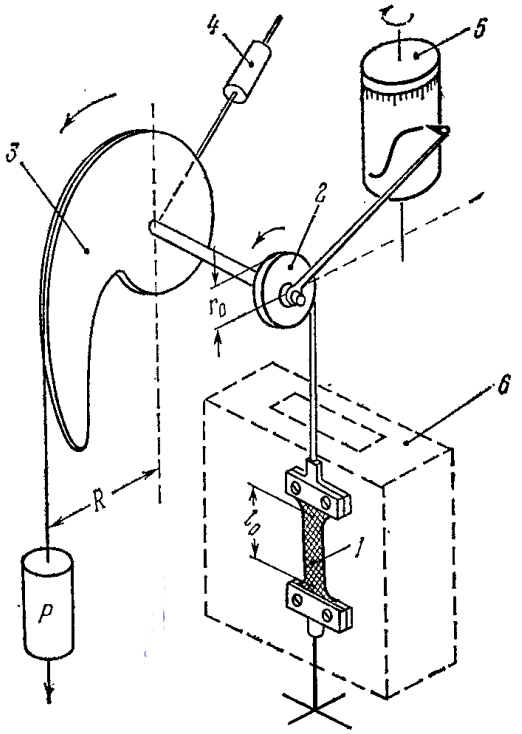


Рис. Схема устройства ия долговечности

Для однородно деформируемого образца при сохранении постоянства объема*) поперечное сечение *S* будет уменьшаться с относительной деформацией ε следующим образом:

$$S = S_0 \frac{1}{1+\varepsilon},$$

где S_0 — начальное сечение.

При удлинении образца под действием постоянной силы *F* истинное напряжение σ возрастало бы:

$$\sigma = \frac{F}{S} = \frac{F}{S_0}(1+\varepsilon).$$

следующем изменении величины силы по мере удлинения:

$$F(\varepsilon) = \frac{F_0}{1+\varepsilon}.$$

Благодаря рычажному устройству на образец действует сила, равная

$$F = P\frac{R}{r_0}.$$

Следовательно, чтобы удовлетворить условию $\sigma = \text{const}$, плечо должно уменьшаться с увеличением деформации ε:

$$R = R_0 \frac{1}{1+\varepsilon},$$

где R_0 — начальная длина плеча.

В работе [93] произведен расчет профиля фигурного рычага, обеспечивающего соблюдение условия $R/R_0 = 1/(1+\varepsilon)$, и получено уравнение профиля рычага в полярных координатах:

$$\rho = \frac{R_0}{1+\varepsilon}\sqrt{1+\left(\frac{r_0}{l_0(1+\varepsilon)}\right)^2},$$

где l_0 — начальная длина однородной части образца.

Выбор основных параметров устройств можно варьировать в значительной степени в зависимости от свойств испытуемых материалов. Например, если материалы слабо деформируются ($\varepsilon \ll 1$), то радиус r_0 можно взять численно равным длине образца l_0. Если деформации велики: $\varepsilon \approx 2 \div 10$ в случае резин или пластиков, то параметр r_0/l_0 должен быть больше, скажем, $2 \div 3$. Практически легко осуществить устройство с максимальным поворотом до 270°. Чтобы обеспечить необходимую точность изготовления, размеры фигурного рычага должны быть достаточно большими. Отношение плечей R_0/r_0 из этих соображений выбирается в пределах от 5 до 10.

Долговечность твердых тел при разных напряжениях для комнатной температуры

Резина с сажей		Фосфористая бронза (неотожженная)		Целлулоид	
кГ/мм²	*сек*	*кГ/мм²*	*сек*	*кГ/мм²*	*сек*
17,1	25	33,7	60	8,0	6
14,6	100	32,2	96	7,15	95
14,1	450	32,0	300	6,6	540
12,4	1 200	31,5	2 100	6,15	4 680
11,0	3 700	30,0	15 000	5,70	10 800
9,2	15 600	28,7	25 000	5,50	100 900
8,7	40 000	27,6	240 000	4,60	597 600
4,0	770 000	26,5	960 000		

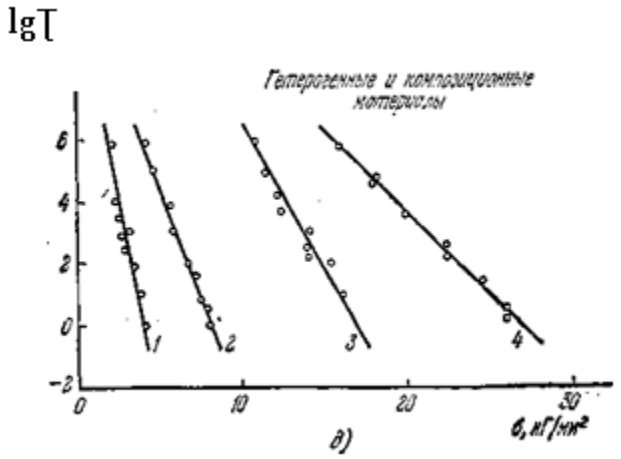


Рис. Долговечность, сек различных твердых тел в зависимости от напряжения 1 — органическое стекло (полнметилметакрилат), 2—полистирол, 3—триацетилцеллюлоза (волокно); 4—полиэтилен (волокно), Температура комнатная.

Аппроксимирующая функция выражается экспоненциальной зависимостью

$$\tau = A \exp(-\alpha\sigma).$$

где τ долговечность, сек; б – напряжение;

3.Порядок выполнения расчетов

Расчеты выполняются в соответствие с заданием и теоретическими сведениями.

4. Рабочее задание

Задача 1. Определить параметра уравнения долговечности для различных материалов используя графики и таблицы теоретической части.

5. Результаты выполнения расчетов

Результаты определения долговечности записываются в лабораторный журнал. Форма записи произвольная.

6. Контрольные вопросы

1.Что называется прочностью и долговечностью?
2. В чем отличие кратковременной и длительной прочности?
3. Роль теплового движения атомов для теории прочности?
4. Влияние скорости нагружения на прочность?

7. Выводы

Практическое занятие № 5

Методы определение долговечности материалов
под нагрузкой. Влияние температуры на долговечность

1. Цель занятия:

1. Изучить и освоить методику определения долговечности материалов под нагрузкой при различных температурах и длительности испытаний

.

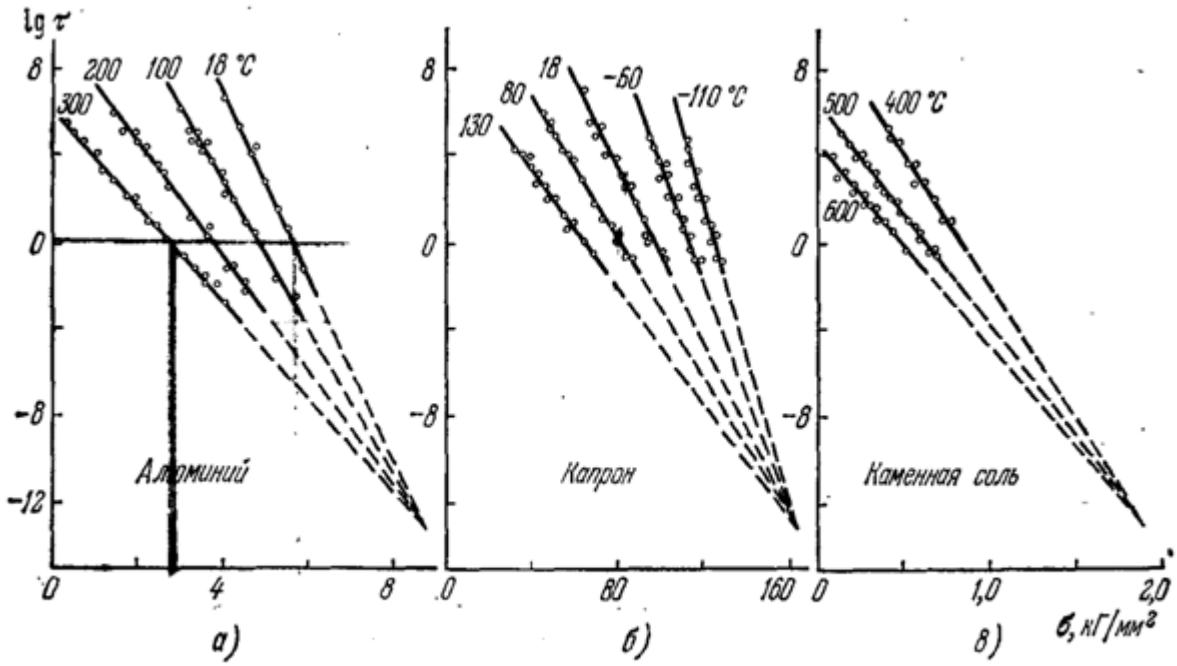


Рис. Силовые зависимости долговечности при разных температурах для твердых тел различного строения

2. Краткие теоретические сведения

Изучение зависимости механической долговечности от температуры является собенно важным для развития кинетической концепции разрушения твердых тел. Анализ данных о влиянии температуры на долговечность позволяет понять механизм процессов, определяющих прочность, на атомном уровне и вскрыть физическую природу разрушения твердых тел.

Установлено, что линейная зависимость долговечности от напряжения оправдывается не только при комнатной, но и при других температурах. С изменением температуры меняется лишь наклон прямой

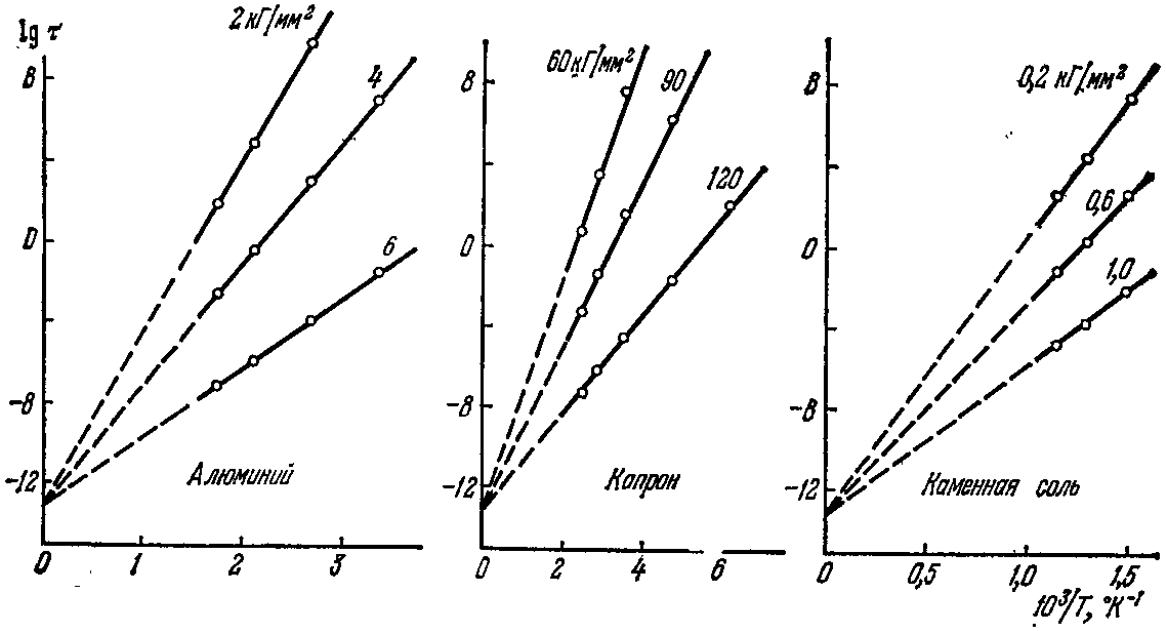


Рис. Температурные зависимости долговечности

Графики позволяют написать аналитическую зависимость для долговечности в виде

$$\lg \tau = \lg \tau_0 + b(\sigma) \cdot \frac{1}{T},$$

где $b(\sigma)$ — наклон прямых к оси $1/T$.

Следовательно,

$$\tau = \tau_0 \exp \frac{\beta(\sigma)}{T},$$

где $\beta(\sigma) = 2{,}3\ b(\sigma)$ (коэффициент 2,3 — переход от десятичных к натуральным логарифмам).

Помножив числитель и знаменатель показателя экспоненты на постоянную Больцмана $k = 1{,}38 \cdot 10^{-16}$ *эрг/град* и обозначив $k\beta(\sigma) = U(\sigma)$, получим выражение для температурной зависимости долговечности в виде

$$\tau = \tau_0 \exp \frac{U(\sigma)}{kT}.$$

3.Порядок выполнения расчетов

Расчеты выполняются в соответствие с заданием и теоретическими сведениями.

4. Рабочее задание

Задача 1. Определить параметра уравнения долговечности для различных материалов используя графики и таблицы теоретической части.

5. Результаты выполнения расчетов

Результаты определения долговечности записываются в лабораторный журнал. Форма записи произвольная.

6. Контрольные вопросы

1.Что называется прочностью и долговечностью?
2. В чем отличие кратковременной и длительной прочности?
3. Роль теплового движения атомов для теории прочности?
4. Влияние скорости нагружения на прочность?
5.Напишите аппроксимирующую зависимость для долговечности с учетом температуры.

7. Выводы

Практическое занятие № 6 (4 часа)

Предельные состояния строительных объектов

1. Цель занятия:
1. Изучить основные критерии предельного состояния в соответствие с нормативной документацией.
2. Установить алгоритм расчетов по установленным критериям.

2. Краткие теоретические сведения

Физический смысл предельных состояний конструкций. Примеры предельных состояний первой и второй групп. Суть расчета по предельным состояниям.

Предельными называются такие состояния для здания, сооружения, а также основания или отдельных конструкций, при которых они перестают удовлетворять заданным эксплуатационным требованиям, а также требованиям, заданным при их возведении.

Предельные состояния конструкций (зданий) подразделяются на две группы:

К предельным состояниям *первой группы* относятся: общая потеря устойчивости формы; потеря устойчивости положения; хрупкое, вязкое или иного характера разрушение; разрушение под совместным воздействием силовых факторов и неблагоприятных влияний внешней среды и др.

К предельным состояниям *второй группы* относятся состояния, затрудняющие нормальную эксплуатацию конструкций (зданий) или снижающие их долговечность вследствие появлений недопустимых перемещений (прогибов, осадок, углов поворота), колебаний и трещин;

Суть расчета: метод расчета строительных конструкций по предельным состояниям имеет своей целью не допустить наступления ни одного из предельных состояний, которые могут возникнуть в конструкции (здании).

Структура и содержание основных расчетных формул при расчете по предельным состояниям первой и второй групп.

При расчетах по предельным состояниям первой и второй групп в качестве главного прочностного показателя материала, как уже отмечалось, устанавливается его сопротив-

ление, которое (наряду с другими характеристиками) может принимать нормативные и расчетные значения:

R_n—*нормативное сопротивление материала*, представляет собой ***основной параметр сопротивления материалов*** внешним воздействиям и устанавливается соответствующими главами строительных норм (с учетом условий контроля и статистической изменчивости сопротивлений). Физический смысл нормативного сопротивления R_n— это *контрольная или браковочная характеристика сопротивления материала* с обеспеченностью не менее 0,95%;

R— ***расчетное сопротивление материала***, определяется по формуле:

$$R = \frac{Rn}{ym}$$

γ_m-*коэффициент надежности по материалу*, учитывает возможные отклонения сопротивления материала в неблагоприятную сторону от нормативных значений, $\gamma_m > 1$.

γ_c— *коэффициент условий работы*, учитывает особенности работы материалов, элементов и соединений конструкций, а также зданий и сооружений в целом, если эти особенности имеют систематический характер, но не отражаются в расчетах прямым путем (учет температуры, влажности, агрессивности среды, приближенности расчетных схем и др.);

N_n–*нормативная нагрузка*;

N–*расчетная нагрузка*;γ_f-*коэффициент надежности по нагрузкам*, учитывает возможные отклонения нагрузок в неблагоприятную (большую или меньшую) сторону от их нормативных значений;**γ_n-*коэффициент надежности по ответственности***, учитывает экономические, социальные и экологические последствия, которые могут возникать в результате аварий. Соответственно, **сервисная нагрузка N_{ser} и сервисное сопротивление R_{ser} считаются расчетными для расчетов по предельным состояниям второй группы. При расчетах по первой группе предельных состояний**, которые связаны с обеспечением несущей способности конструкций (здания), **принимают** расчетные значения: **расчетные нагрузки** N и **расчетные сопротивления материала** R.

Работа материалов для несущих конструкций под нагрузкой и их расчетные характеристики.

Сталь. рис.1.

Три участка работы стали: 1 — участок упругой работы; 2 — участок пластической работы; 3 — участок упругопластической работы.

Нормативные и расчетные сопротивления, необходимые для расчета конструкций, принимаются по пределу текучести

$R_{уп}$— нормативное сопротивление стали, принятое по пределу текучести; R_y— расчетное сопротивление стали, принятое по пределу текучести;

$R_{ип}$- нормативное сопротивление стали, принятое по временному сопротивлению; $R_и$— расчетное сопротивление стали, принятое по временному сопротивлению;

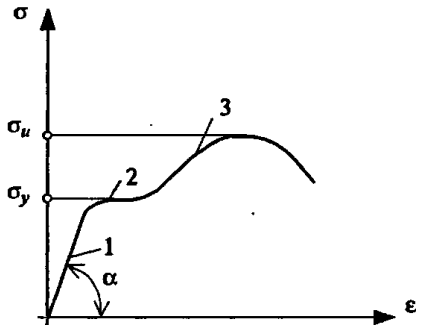


Рис.1

Древесина, рис.2.

Деревянные конструкции выполняются из лесоматериалов хвойных и лиственных пород, которые делятся на круглые — бревна, пиленые — пиломатериалы и строительную фанеру.

Работа древесины зависит от вида загружения (растяжение, сжатие, изгиб, смятие, скалывание), направления действия усилия по отношению к направлению волокон древесины, длительности приложения нагрузки, породы древесины и других факторов. Наличие пороков древесины (косослоя, сучков, трещин и т.п.) оказывает существенное влияние на ее прочность.

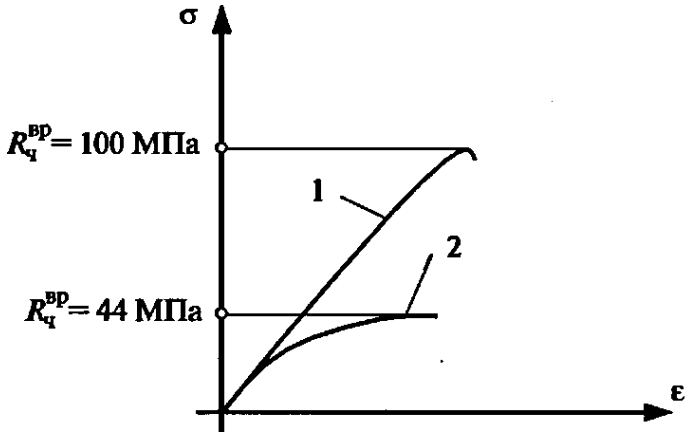


Рис.2..

Древесина подразделяется на три сорта, наиболее качественная древесина отнесена к первому сорту.

Диаграмма работы древесины вдоль волокон: 1 — на растяжение; 2 — на сжатие; R— временное сопротивление чистой древесины; б— нормальные напряжения; Е— относительные деформации

Железобетон, рис.3.

Железобетон является комплексным строительным материалом, в котором совместно работают бетон и стальная арматура. Для понимания работы железобетона и определения характеристик, необходимых для расчета, рассмотрим каждый из входящих в его состав материалов.

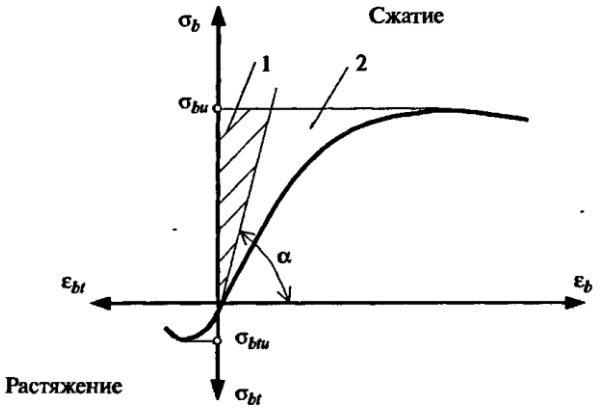


Рис.4.

Основным показателем качества бетона является класс прочности на сжатие, который устанавливается на основании испытаний бетонных кубов в возрасте 28 суток.

Диаграмма напряжений и деформаций бетона: 1 — зона упругих деформаций; 2— зона пластических деформаций; σ_{bu}— временное сопротивление бетона сжатию; σ_{btu}— временное сопротивление бетона растяжению; Eb — модуль упругости бетона;

Арматура, рис.5.

Арматура в железобетонных конструкциях принимается в зависимости от типа конструкции, наличия предварительного напряжения, а также условий эксплуатации зданий и сооружений

По характеру работы арматуры, отраженной на диаграмме, различают три вида арматурных сталей:

1. Сталь с выраженной площадкой текучести (мягкая арматурная сталь). Предел текучести таких сталей —σ_y

2. Арматурная сталь с условным пределом текучести — $\sigma_{0.2}$. Предел текучести таких сталей принимается равным напряжению, при котором остаточные деформации образца составляют 0,2%.

3. Арматурная сталь с линейной зависимостью $\sigma_{0.2}$— почти до разрыва. Для таких сталей предел текучести устанавливается как для сталей второго вида.

Диаграммы растяжения арматурных сталей:

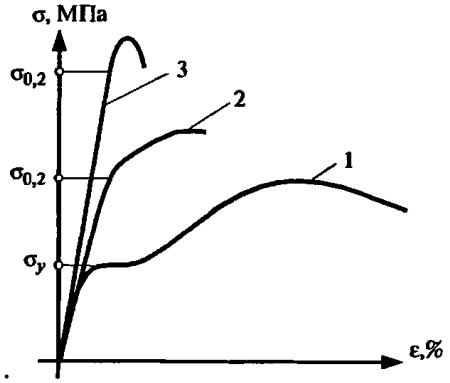


Рис.5.

Каменная кладка, рис.6.

Прочность каменной кладки зависит в основном от прочности камня (кирпича) и раствора.

Диаграмма деформаций каменной кладки при сжатии: 1 — зона упругих деформаций; 2— зона пластических деформаций; $R_и$— временное сопротивление (средний предел прочности сжатию кладки); $tg_{\varphi 0}= E_0$— модуль упругости (начальный модуль деформации)

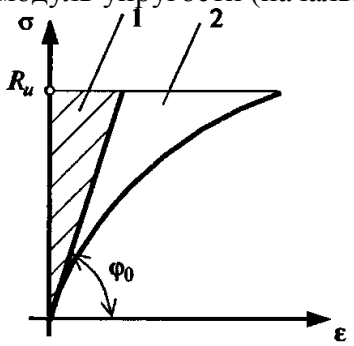


Рис.6.

Классификация нагрузок.

По характеру приложения: сосредоточенные и распределенные.

По продолжительности действий во времени: переменные и постоянные.

По характеру действия: статические и динамические.

Постоянные нагрузки:

- Вес части зданий и сооружений, в том числе вес несущих и ограждающих строительных конструкций;
- Вес и давление грунтов, горное давление;
- Воздействие предварительного напряжения в конструкциях;

Временные нагрузки:

Вес временных перегородок; Вес стационарного оборудования: станков, аппаратов; Нагрузки на перекрытия жилых и общественных зданий с пониженными нормативными значениями; Нагрузки на перекрытия жилых в складских помещениях, холодильниках, зер-

нохранилищ, архивах, библиотеках и подсобных зданиях и помещениях; Снеговые нагрузки с пониженным расчетным значением;

Кратковременные нагрузки:

Нагрузки на перекрытия жилых и общественных зданий с полными нормативными значениями; Снеговые нагрузки с полным расчетным значением; Нагрузки от подвижно подъемно-транспортного оборудования (мостовых и подвесных кранов, тельферов, погрузчиков); Нагрузки, возникающие при изготовлении, перевозе и возведении конструкций, при монтаже и перестановке оборудования, а также нагрузки от веса временно складируемых на строительстве изделий и материалов; Нагрузки от оборудования, возникающие в пускоостановочном, переходном и испытательном режиме; Ветровые нагрузки; Температурные и климатические воздействия;

Особые нагрузки:

Сейсмические и взрывные воздействия; Нагрузки, вызываемые резким нарушением технологического процесса, временной неисправности или поломкой оборудования; Воздействия неравномерных деформаций, сопровождающиеся изменением структуры грунта;

Порядок выполнения работы

Работа выполняется на практическом занятии с использованием нормативной , учебной и научно-технической литературы.

Студентам на занятие предоставляется ГОСТ Р 54257-2010 «Надежность строительных конструкций и оснований» и ГОСТ Р 27.002-2009 «Надежность в технике. Термины и определения».

Студенты самостоятельно оформляют имеющиеся в ГОСТ положения о долговечности и графические представления о деформировании материалов пол нагрузкой в тетради для практических занятий. Затем закрепляют материалы изучения при вербальном общении.

4. Рабочее задание

Рабочее задание формулируется в виде условия задачи:

Установить предельные состояния а также деформации и нагрузки им соответствующие для металлов, железобетона, древесины и кирпичной кладки. Результаты оформить в рабочем журнале.

5. Содержание отчета

Отчет должен содержать следующие разделы.

1. Наименование и цель занятия.
2. Краткое описание методики выполнения работы.
3. Условие задачи.
4. Расчетные формулы и расчеты по ним (если используются).
5. Таблицы с результатами расчетов (если имеются)и выводы.

6. Контрольные вопросы

1. Что понимается под долговечностью строительной конструкции?
2. Что такое надежность?
3. Какие параметра состояния объекта Вам известны?
4.Чем характеризуются предельные состояния?

2.8. Выводы

Практическое занятие № 7

Методы построения эмпирических зависимомтей

1. Цель занятия:

Изучить и освоить методику построения эмпирических зависимостей аниях

1. Открываем программу Excel “Enter”
2. В ячейки строк заносим массивы данных аргументов, полученных в результате эксперимента или расчета

3. В ячейки строк заносим значения функций, соответствующих уже занесенным аргументам
4. Выделяем строку аргументов. Нажимаем на панель «Вставка», кнопка «точечная диаграмма»
5. Нажимаем на диаграмме правую кнопку «мыши» затем, выбрать данные
6. Нажимаем «изменить» выделяем нужный ряд функций (X) и вставляем в поле «значения X» ОК. ОК
7. Форматируем оси выделяя их и нажимая кнопку «формат оси»
8. Подписываем оси. Панель «Макет» кнопка «Оси»
9. Нажав правой кнопкой «мыши» на кривой выбираем линию «тренда» Форматируем
10. Вставка нового ряда данных кнопку «выбор данных» правой кнопкой «мыши»

Практическое занятие № 8

Прочность и долговечность при переменных нагрузках

1. Цель занятия:

Изучить сведения о прочностных характеристиках материалов при переменных нагрузках.

2. Краткие теоретические сведения

Большинство деталей машин, энергетических установок, химических аппаратов испытывают переменные напряжения, циклически изменяющиеся во времени. В некоторых случаях доля циклической составляющей в общей нагрузке невелика и при расчетах на прочность не учитывается. В других случаях пренебрежение переменной составляющей нагрузки или ее неправильный учет приводит к авариям и разрушениям подчас с тяжелыми последствиями и человеческими жертвами.

Анализ случаев поломок машин свидетельствует о том, что большинство поломок (по литературным данным 80–90 %) происходит вследствие усталости металлов. Этот вид разрушения металлов наблюдается при повторном и повторно-переменном действии нагрузки.

Усталость материалов

Усталость *– процесс постепенного накопления повреждений под действием переменных напряжений, приводящий к изменению свойств, образованию трещин, их развитию и разрушению.*

Выносливость *– свойство материала противостоять усталости.*

Весь диапазон чисел циклов, где возникает разрушение от переменных нагрузок, условно разбит на две области: малоцикловой и многоцикловой усталости.

Усталостное повреждение *– необратимое изменение физико-механических свойств материала объекта под действием переменных напряжений. Накопление повреждений начинается задолго до окончательного разрушения. Разрушение, как правило, наступает внезапно.*

Усталостное разрушение *– разрушение материала нагружаемого объекта до полной потери его прочности или работоспособности вследствие распространения усталостной трещины.*

Усталостная трещина *– частичное разделение материала под действием переменных напряжений.*

Циклы напряжений

В подавляющем числе случаев напряжение в элементах механических систем изменяется периодически. Законы изменения во времени *t* переменных напряжений σ могут быть различными, что обусловлено кинематикой механизма и взаимодействием движущихся систем. Некоторые виды циклов представлены на рис. 1.

Совокупность последовательных значений напряжений за один период их изменения T называют ***циклом напряжений*** или просто ***циклом***.

Циклом *называют замкнутую однократную смену напряжений, проходящих непрерывный ряд значений.*

Время T, в течение которого протекает один цикл, называют ***периодом***.

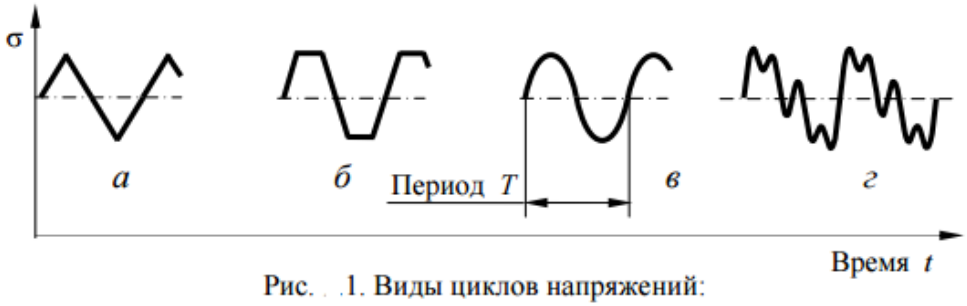


Рис. 1. Виды циклов напряжений:
а – треугольный; *б* – трапецеидальный; *в* – гармонический;
г – результат сложения трех гармонических циклов с различной частотой и амплитудой

Максимальное напряжение цикла σ_{max} *– наибольшее по алгебраическому значению напряжение цикла.*

Минимальное напряжение цикла σ_{min} *– наименьшее по алгебраическому значению напряжение цикла.*

Среднее напряжение цикла σ_m *– постоянная составляющая цик-ла напряжений, равная алгебраичес-кой полусумме максимального и минимального напряжений цикла:*

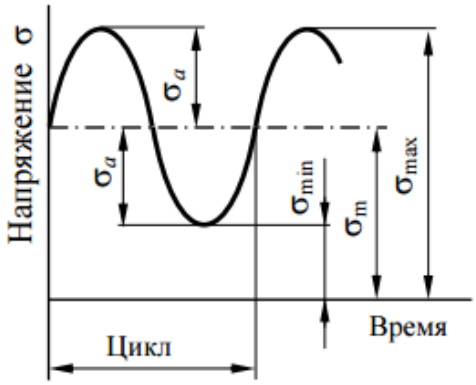
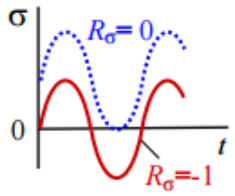


Рис. 2. параметры цикла напряжений

Амплитуда напряжений цикла σ_a *– наибольшее числовое положительное значение переменной составляющей цикла, равной алгебраической полуразности:*

$$\sigma_a = \frac{\sigma_{max} - \sigma_{min}}{2}.$$

Коэффициент асимметрии цикла напряжений R_σ *– отношение минимального напряжения цикла к максимальному* $R_\sigma = \frac{\sigma_{min}}{\sigma_{max}}$.



При **испытаниях** на выносливость наиболее употребительны симметричный и отнулевой циклы.

Симметричный цикл напряжений *– цикл, у которого максимальное и минимальное напряжения равны по абсолютному значению, но противоположны по знаку* $R_\sigma = -1$.

Отнулевой цикл напряжений *– знакопостоянный цикл напряжений, изменяющихся от нуля до максимума* $R_\sigma = 0$.

Кривая усталости и предел выносливости

Кривая усталости *– график, характеризующий зависимость между максимальными напряжениями* σ_{max} *или амплитудами цикла* σ_a *и циклической долговечностью N одинаковых образцов, построенный при фиксированном среднем напряжении цикла* σ_m *= const, или при заданном коэффициенте асимметрии цикла напряжений R = const.*

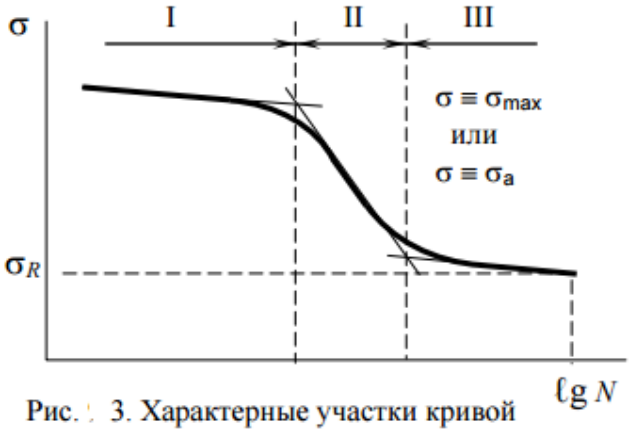


Рис. 3. Характерные участки кривой усталости при асимметричном нагружении

Кривую усталости представляют как в полулогарифмических (σ – ℓg N), так и в двойных (ℓg σ – ℓg N) логарифмических координатах (реже). Благодаря особенности логарифмической шкалы на ней можно отложить циклическую долговечность, исчисляемую как единицами, так десятками и сотнями миллионов циклов без потери физической сущности явления.

Зависимость между действующими напряжениями и числом циклов до разрушения имеет вид, называемый в литературе *S*-образным, что обусловлено наличием на кривой усталости двух перегибов и трех основных участков, отличающихся типом разрушения.

В пределах **I участка** происходит выделение и накопление односторонней деформации, приводящей к разрушению, по всем признакам аналогичному статическому растяжению. Из-за этого участок получил название участка (области) ***квазистатического разрушения***. Протяженность I участка зависит от характеристик прочности и пластичности, коэффициента асимметрии цикла напряжений и составляет от нескольких тысяч до нескольких десятков тысяч циклов. При симметричном цикле напряжений ($R = -1$) участок I вырождается.

В пределах **участка III** остаточное удлинение δ и сужение ψ почти отсутствуют ($\psi \to 0$, $\delta \to 0$). Разрушение имеет хрупкий характер и происходит от усталостной трещины (усталостное разрушение). В некоторых случаях участок кривой усталости переходит в горизонтальную линию, соответствующую пределу выносливости σ_R. Этот участок получил название участка (области) ***многоцикловой усталости.***

Многоцикловая усталость *– усталость материала, при которой усталостное повреждение или разрушение происходит в основном при упругом деформировании.*

На **участке II** происходит переход от квазистатического типа разрушения (участок I) к усталостному (участок III). Для участка II характерны признаки двух типов разрушения: хрупкого от усталостной трещины и вязкого – от накопленной односторонней деформации. На фоне развитой шейки можно наблюдать трещины разной длины и степени раскрытия. Этим участком ограничивается область ***малоцикловой усталости.***

Малоцикловая усталость *– усталость материала, при которой усталостное повреждение или разрушение происходит при упругопластическом деформировании..*

Предел выносливости σ_R *– максимальное по абсолютному значению напряжение цикла, при котором еще не происходит усталостное разрушение до базы испытаний* (см. рис. 9.3). Для симметричного цикла $\sigma_R \equiv \sigma_{-1}$. Для отнулевого цикла $\sigma_R \equiv \sigma_0$.

База испытаний *– предварительно задаваемая наибольшая продолжительность испытаний на усталость.* Для черных металлов принята база, равная 10^7 циклов; для цветных металлов – 10^8 циклов. Иногда для оценки усталостной прочности назначают другую базу испытаний, например 10^4 или 10^5. Тогда определяют *ограниченный предел выносливости, соответствующий заданному числу циклов.*

3. Порядок выполнения расчетов

Из многочисленных факторов, влияющих на усталостную прочность, особо выделим следующие:

1) концентрация напряжений;

2) абсолютные размеры детали (масштабный фактор);

3) качество обработки поверхности и состояние поверхностного слоя;

4) состояние макро- и микроструктуры изделия;

5) состояние внешней среды: температура, облучение, агрессивность;

6) технологические методы упрочнения.

В связи с этим расчеты на усталость выполняют, как правило, поверочные. Вычисляют предел выносливости $\sigma_{-1д}$ реальной детали, ориентируясь на предел выносливости $\bar{\sigma}_{-1}$ лабораторного образца (гладкого, полированного), полученный в результате статистической обработки результатов экспериментов:

$$\sigma_{-1д} = \frac{\bar{\sigma}_{-1}}{K},$$

где K – коэффициент, учитывающий влияние перечисленных выше факторов. Вычисляют коэффициенты запаса прочности отдельно по нормальным напряжениям при растяжении или изгибе и по касательным напряжениям при кручении:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m}. \qquad n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m}.$$

В случае одновременного действия нормальных и касательных напряжений общий коэффициент запаса прочности находят с учетом обоих частных коэффициентов

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\sigma^2 + n_\tau^2}}.$$

Деталь считают работоспособной, если $n \geq [n]$. Нормативный запас прочности $[n]$ может зависеть от следующих факторов:

1) достоверной точности определения усилий и напряжений и напряжений;

2) однородности материала;

3) культуры производства и технологии изготовления детали;

В зависимости от перечисленных выше факторов выделяют три группы значений допускаемого коэффициента запаса прочности при расчетах на выносливость:

1) группа $[n]$ = 1,3–1,5 назначается при повышенной точности расчета с использованием экспериментальных данных определения усилий для деталей, изготовленных из однородного материала при качественной технологии и высокой культуре производства (например, коленчатые валы);

2) группа $[n]$ = 1,5–2 назначается при недостаточно полном объеме экспериментальной информации о нагрузках и прочности детали, при среднем уровне культуры производства, но в условиях систематического дефектоскопического контроля;

3) группа $[n]$ = 2–3 назначается при малом объеме или отсутствии экспериментальной информации, высоком уровне производства.

4. Порядок проведения занятия

Приступать к выполнению задания следует после изучения теоретического материала

5. Рабочее задание

Провести расчет малоцикловой усталости консольной опоры строительной конструкции. Схему и исходные данные выбрать самостоятельно.

6. Результаты выполнения расчетов

Данные расчета записываются в рабочий журнал. Форма таблиц выбирается самостоятельно.

7. Контрольные вопросы

1. Что такое усталостное разрушение?
2, Статическая и цикловая усталости. В чет отличие?
3. Что характеризует кривая усталости?

Практическое занятие № 9

Прогнозирование долговечности по теплотехническим параметрам

Цель занятия: Определить параметры теплоизоляции для прогнозирования долговечности конструкции

Практическое занятие № 10

Теплотехнический расчет строительных конструкций

Цель занятия: Рассчитать толщину слоя теплоизоляции и определить конструктивное решение

Практическое занятие № 11

Расчет эквивалентной температуры наружного воздуха и солнечной радиации

Цель занятия: Рассчитать эквивалентную температуру

Эквивалентная температура - стационарная температура энергетически равная за определенный период времени меняющейся температуре какого либо процесса. Например, процесса старения материалов

.Эквивалентную температуру $T_э$ вычисляют по формуле

$$T_э = -\frac{E}{R}\left\{\ln\left[\frac{1}{\tau_0}\sum_{j=1}^{n}\Delta\tau_j \cdot \exp\left(-\frac{E}{RT_j}\right)\right]\right\}^{-1}$$

где E - коэффициент, кДж/моль (ккал/моль);

R - универсальная газовая постоянная, равная 8,314 Дж/моль·К (1,987 кал/моль·К);

τ_0 - среднестатистическое количество часов заданной продолжительности хранения;

$\Delta\tau_j$ - продолжительность существования интервала температуры (не более 5 °С) со средней температурой T_j, ч;

n - количество интервалов температуры со средней температурой T_j.

По результатам испытаний установлено значение Е=104,67- Кдж/моль (25 ккал/моль).
Для климатического района установлено распределение температуры в течение года от 253,1 К (минус 19,9^0 С) до 318 К (45 ^{0} С) интервалами в 5 К (5^0 С).
Для каждого интервала вычисляют температуру, как среднее арифметическое значение нижнего и верхнего значений температуры каждого интервала. Данные приведены в таблице

Номер интервала n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Интервал темпера- туры, °С	От -19,9 до -15,0	От -14,9 до -10,0	От -9,9 до -5,0	От -4,9 до -0,0	От 0,1 до 5,0	От 5,1 до 10,0	От 10,1 до 15,0	От 15,1 до 20,0	От 20,1 до 25,0	От 25,1 до 30,0	От 30,1 до 35,0	От 35,1 до 40,0	От 40,1 до 45,0
Средняя темпера- тура T_j интервала, К	255,5	260,5	265,5	270,5	275,5	280,5	285,5	290,5	295,5	300,5	305,5	310,5	315,5
Продолжи- тельность существова- ния интервала $\Delta\tau_j$, ч	3	30	139	491	1069	1203	1068	1014	1195	1339	793	391	32

По данным таблицы вычисляют:

τ_0 по формуле

$$\tau_0 = \sum \Delta\tau_j = 3 + 30 + 139 + 491 + 1069 + 1203 + 1068 + 1014 + 1195 + $$
$$+ 1339 + 793 + 391 + 32 = 8767;$$

значение $\Delta\tau_j \cdot \exp\left(-\frac{E}{R \cdot T_j}\right)$ на каждом интервале:

1)

$$3 \exp\left(-\frac{25000}{1{,}987 \cdot 255{,}5}\right) = 1{,}23 \cdot 10^{-21}$$

:

Практическое занятие № 12

Среды и защита от коррозии

1. Цель занятия

1. Изучить основные агрессивные среды, действующие на строительные конструкции и влияющие на их долговечность.

2. Краткие теоретические сведения

Воздействие среды на строительные конструкции способствует протеканию коррозионных процессов, приводящих к деструкции материалов и снижению долговечности.
В зависимости от физического состояния агрессивные среды подразделяют на газообразные, жидкие и твердые.
В зависимости от интенсивности агрессивного воздействия на конструкции среды подразделяют на неагрессивные, слабоагрессивные, среднеагрессивные и сильноагрессивные.
В зависимости от характера воздействия агрессивных сред на бетон среды подразделяют на химические (например, сульфатную, магнезиальную, кислотную, щелочную и т.п.) и биологически активные (например, химическое воздействие продуктов метаболизма грибов, бактерий, физико-механическое воздействие корней растений, гифов грибов, обрастание водорослями, лишайниками и т.п.).
В зависимости от условий воздействия агрессивных сред на бетон среды подразделяют на классы, которые определяют по отношению к конкретному незащищенному от коррозии бетону и железобетону. Классы сред с указанием их индексов по возрастанию агрессивности указаны в таблице 1.
Классификация сред эксплуатации и степени агрессивного воздействия сред на конструкции из бетона и железобетона приведены там же.

Классификация сред эксплуатации

Таблица1

Индекс	Среда эксплуатации	Примеры конструкций
1. Среда без признаков агрессии		
ХО	Для бетона без арматуры и закладных деталей: все среды, кроме воздействия замораживания - оттаивания, истирания или химической агрессии. Для железобетона: сухая	Конструкции внутри помещений с сухим режимом эксплуатации
2. Коррозия арматуры вследствие карбонизации		
ХС1	Сухая и постоянно влажная среда	Конструкции помещений в жилых домах, за исключением кухонь, ванных, прачечных. Бетон постоянно под водой
ХС2	Влажная и кратковременно сухая среда	Поверхности бетона, длительно смачиваемые водой. Фундаменты
ХС3	Умеренно влажная среда (влажные помещения, влажный климат)	Конструкции, на которые часто или постоянно воздействует наружный воздух без увлажнения атмосферными осадками. Конструкции под навесом. Конструкции внутри помещений с высокой влажностью (общественные кухни, ванные, прачечные, крытые бассейны, помещения для скота)
ХС4	Переменное увлажнение и высушивание	Наружные конструкции, подвергающиеся действию дождя
3. Коррозия вследствие действия хлоридов (кроме морской воды)		
В случае, когда бетон, содержащий стальную арматуру или закладные детали, подвергается действию хлоридов, включая соли, применяемые как антиобледенители, агрессивная среда классифицируется по следующим показателям:		

Индекс	Среда эксплуатации	Примеры конструкций
XD1	Среда с умеренной влажностью	Конструкции, подвергающиеся воздействию аэрозоля солей хлоридов
XD2	Влажный и редко сухой режим эксплуатации	Плавательные бассейны. Конструкции, подвергающиеся воздействию промышленных сточных вод, содержащих хлориды
XD3	Переменное увлажнение и высушивание	Конструкции мостов, подвергающиеся обрызгиванию растворами противогололедных реагентов. Покрытие дорог. Перекрытия парковок
4. Коррозия, вызванная действием морской воды		
В случае, когда бетон, содержащий стальную арматуру или закладные детали, подвергается действию хлоридов из морской воды или аэрозолей морской воды, агрессивная среда классифицируется по следующим показателям:		
XS1	Воздействие аэрозолей, но без прямого контакта с морской водой	Береговые сооружения
XS2	Под водой	Подводные части морских сооружений
XS3	Зона прилива и отлива, обрызгивания	Части морских сооружений в зоне переменного уровня воды
Примечание - Для морской воды с различным содержанием хлоридов требования к бетону указаны в таблице **Г.1**		
5. Коррозия бетона, вызванная попеременным замораживанием и оттаиванием, в присутствии или без солей противообледенителей		
При действии на насыщенный водой бетон переменного замораживания и оттаивания агрессивная среда классифицируется по следующим признакам:		
XF1	Умеренное водонасыщение без антиобледенителей	Вертикальные поверхности зданий и сооружений при действии дождя и мороза
XF2	Умеренное водонасыщение с антиобледенителями	Вертикальные поверхности зданий и сооружений, подвергающиеся обрызгиванию растворами антиобледенителей и замораживанию
XF3	Сильное водонасыщение без антиобледенителей	Сооружения при действии дождей и мороза
XF4	Сильное водонасыщение растворами солей антиобледенителей или морской водой	Дорожные покрытия, обрабатываемые противогололедными реагентами. Горизонтальные поверхности мостов, ступени наружных лестниц и др. Зона переменного уровня для морских сооружений при действии мороза
6. Химическая и биологическая агрессия		
При действии химических агентов из почвы, подземных вод, коррозионная среда классифицируется по следующим признакам:		
XA1	Незначительное содержание агрессивных агентов - слабая степень агрессивности среды по таблицам **В.1** - **В.7**, **Г.2**	Конструкции в подземных водах

Индекс	Среда эксплуатации	Примеры конструкций
XA2	Умеренное содержание агрессивных агентов - средняя степень агрессивности среды по таблицам **В.1** - **В.7**, **Г.2**	Конструкции, находящиеся в контакте с морской водой. Конструкции в агрессивных грунтах
XA3	Высокое содержание агрессивных агентов - сильная степень агрессивности среды по таблицам **В.1** - **В.7**, **Г.2**	Промышленные водоочистные сооружения с химическими агрессивными стоками. Кормушки в животноводстве. Градирни с системами газоочистки
7. Коррозия бетона вследствие реакции щелочей с кремнеземом заполнителей		
В зависимости от влажности среда классифицируется по следующим признакам:		
WO	Бетон находится в сухой среде	Конструкции внутри сухих помещений. Конструкции в наружном воздухе вне действия осадков, поверхностных вод и грунтовой влаги
WF	Бетон часто или длительно увлажняется	Наружные конструкции, не защищенные от воздействия осадков, поверхностных вод и грунтовой влаги. Конструкции во влажных помещениях, например, бассейнах, прачечных и других помещениях с относительной влажностью преимущественно более 80 %. Конструкции, часто подвергающиеся действию конденсата, например, трубы, станции теплообменников, фильтровальные камеры, животноводческие помещения. Массивные конструкции, минимальный размер которых превосходит 0,8 м, независимо от доступа влаги
WA	Бетон, на который помимо воздействий среды WF действуют часто или длительно щелочи, поступающие извне	Конструкции, подвергающиеся воздействию морской воды. Конструкции, на которые воздействуют противогололедные соли без дополнительного динамического воздействия (например, зона обрызгивания). Конструкции промышленных и сельскохозяйственных зданий (например, шламонакопители), подвергающиеся воздействию щелочных солей
WS	Бетон с высокими динамическими нагрузками и прямым воздействием щелочей	Конструкции, подвергающиеся воздействию противогололедных солей и дополнительно высоким динамическим нагрузкам (например, бетон дорожных покрытий)

Примечание - Агрессивное воздействие должно быть дополнительно изучено в случае:

действия химических агентов, не указанных в таблицах **Б.2**, **Б.4**, **В.3**;

высокой скорости (более 1 м/с) течения воды, содержащей химические агенты по таблицам **В.3**, **В.4**, **В.5**.

Таблица 2 - **Классификация агрессивных газовых сред**

Влажностный режим помещений	Группа газов	Степень агрессивного воздействия газообразных сред[2] на конструкции из	
Зона влажности (по СП 131.13330)		бетона	железобетона
Сухой	A	Неагрессивная	Неагрессивная
	B	То же	То же
Сухая	C	»	Слабоагрессивная
	D	»	Среднеагрессивная
Нормальный	A	Неагрессивная	Неагрессивная
	B	То же	Слабоагрессивная
Нормальная	C	»	Среднеагрессивная
	D	Слабоагрессивная	Сильноагрессивная
Влажный или мокрый[1]	A	Неагрессивная	Слабоагрессивная
	B[3]	То же	Среднеагрессивная
Влажная	C[3]	Слабоагрессивная	Сильноагрессивная
	D[3]	Среднеагрессивная	То же

[1] Для конструкций отапливаемых зданий, на поверхностях которых допускается образование конденсата, степень агрессивного воздействия среды устанавливается как для конструкций в среде с влажным или мокрым режимом помещений.

[2] При наличии в газообразной среде нескольких агрессивных газов степень агрессивного воздействия среды определяется по наиболее агрессивному газу.

[3] При наличии в газообразной среде сероводорода степень агрессивного воздействия среды к бетону принимается как сильная.

Примечание - Степень агрессивного воздействия указана для бетона марки по водонепроницаемости W4.

Таблица 3 - **Группы агрессивных газов в зависимости от их вида и концентрации**

Наименование	Концентрация, мг/м^3, для групп газов			
	A	*B*	*C*	*D*
Углекислый газ	До 2000	Св. 2000	-	-
Аммиак	До 0,2	Св. 0,2 до 20	Св. 20	-
Сернистый ангидрид	До 0,5	Св. 0,5 до 10	Св. 10 до 200	Св. 200 до 1000
Фтористый водород	До 0,05	Св. 0,05 до 5	Св. 5 до 10	Св. 10 до 100
Сероводород	До 0,01	Св. 0,01 до 5	Св. 5 до 100	Св. 100
Оксиды азота[1]	До 0,1	Св. 0,1 до 5	Св. 5 до 25	Св. 25 до 100
Хлор	До 0,1	Св. 0,1 до 1	Св. 1 до 5	Св. 5 до 10
Хлористый водород	До 0,05	Св. 0,05 до 5	Св. 5 до 10	Св. 10 до 100

[1] Растворяющиеся в воде с образованием растворов кислот.

Примечание - При концентрации газов, превышающей пределы, указанные в столбце *D* настоящей таблицы, возможность применения материала для строительных конструкций следует определять на основании данных экспериментальных исследований. При наличии в среде нескольких газов принимается более агрессивная (от *A* к *D*)группа.

Таблица 4 - **Классификация агрессивных твердых сред**

Влажностный режим помещений	Растворимость твердых сред в воде[1, 2] и их гигроскопичность	Степень агрессивного воздействия твердых сред на конструкции из	
Зона влажности (по СП 131.13330)		бетона	железобетона
Сухой	Хорошо растворимые малогигроскопичные	Неагрессивная	Слабоагрессивная
Сухая	Хорошо растворимые гигроскопичные	Слабоагрессивная	Среднеагрессивная
Нормальный	Хорошо растворимые малогигроскопичные	То же	Слабоагрессивная
Нормальная	Хорошо растворимые гигроскопичные	»	Среднеагрессивная[3]
Влажный или мокрый	Хорошо растворимые малогигроскопичные	»	Среднеагрессивная[4]
Влажная	Хорошо растворимые гигроскопичные	Среднеагрессивная[3]	Среднеагрессивная[4]

[1] Перечень наиболее распространенных растворимых веществ и их характеристики приведены в таблице **Б.4**.

[2] Присутствие малорастворимых веществ не влияет на агрессивность.

[3] Степень агрессивного воздействия следует уточнять по таблицам **В.3** - **В.5**, **Г.2**.

[4] Соли, содержащие хлориды, следует относить к сильноагрессивной среде.

Примечания

1. При воздействии хорошо растворимых гигроскопических сред во влажных и мокрых помещениях (зонах) и периодическом воздействии отрицательных температур следует учитывать морозную деструкцию бетона по таблице **Ж.1**.

2. Степень агрессивного воздействия указана для бетона марки по водонепроницаемости W4.

Таблица 5 - Характеристика твердых сред (солей, оксидов, гидроксидов, аэрозолей и пыли**)**

Растворимость твердых сред в воде и их гигроскопичность	Наиболее распространенные соли, оксиды, гидроксиды, аэрозоли, пыли
Малорастворимые	Силикаты, фосфаты (вторичные и третичные) и карбонаты магния, кальция, бария, свинца; сульфаты бария, свинца; оксиды и гидроксиды железа, хрома, алюминия, кремния
Хорошо растворимые, малогигроскопичные	Хлориды и сульфаты натрия, калия, аммония; нитраты кальция, бария, свинца, магния; карбонаты щелочных металлов
Хорошо растворимые, гигроскопичные	Хлориды кальция, магния, алюминия, цинка, железа; сульфаты магния, марганца, цинка, железа; нитраты и нитриты натрия, калия, аммония; все первичные фосфаты; вторичный фосфат натрия; оксиды и гидроксиды натрия, калия

Примечание - К малорастворимым относятся соли растворимостью менее 2 г/дм^3, к хорошо растворимым - свыше 2 г/дм^3. К малогигроскопическим относятся соли, имеющие при температуре 20 °С равновесную относительную влажность 60 % и более, а к гигроскопичным - менее 60 %.

Выбор способа защиты

В зависимости от степени агрессивности среды следует применять следующие виды защиты или их сочетания:

в слабоагрессивной среде - первичную и, при необходимости, вторичную;

в среднеагрессивной и сильноагрессивной среде - первичную в сочетании с вторичной и специальную.

Первичная защита: Защита строительных конструкций от коррозии, реализуемая на стадии проектирования и изготовления (возведения) конструкции.

Вторичная защита: Защита строительной конструкции от коррозии, реализуемая после изготовления (возведения) конструкции. Выполняется при недостаточности первичной защиты.

4. Порядок проведения занятия

Студентам на занятие предоставляется ГОСТ Р 52804-2007 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний» и СНиП 2.03.11-85 «Защита строительных конструкций от коррозии». Студенты самостоятельно оформляют положения данного ГОСТ в тетрадях для практических занятий. Затем изучают и осваивают эти положения в ходе практического занятия.

После изучения и освоения методики определения относительной (коррозионной) стойкости строительных материалов под действием агрессивных химических сред студенты выполняют расчеты по определению коэффициентов коррозионной стойкости различных строительных материалов при изменении массы образца и предела прочности при сжатии.

5. Рабочее задание

Изучить по нормативным документам и технической литературе основные агрессивные среды, влияющие на долговечность строительных конструкций

6. Результаты выполнения работы

Результаты расчетов заносят в журнал работ

7. Содержание отчета

Отчет должен содержать следующие разделы.

1. Наименование и цель занятия.
2. Краткое описание методики определения коррозионной стойкости строительных материалов.
3. Условие задачи.
4. Расчетные формулы и расчеты по ним.
5. Таблицы с результатами расчетов и выводы.

8. Контрольные вопросы

1. Что понимается под коррозионой стойкостью бетона?
2. Каковы причины коррозии бетонов?
3. Какие виды коррозии Вы знаете?
4. Что такое коэффициент коррозионной стойкости?
5. По каким критериям рассчитывается коэффициент коррозионной стойкости?
6. Сущность метода определения коррозионной стойкости строительных материалов.

1.2. Выводы

Практическое занятие № 13

Определение относительной стойкости строительных материалов под действием агрессивных химических сред

1. Цель занятия

1.Изучить и освоить методику определения относительной (коррозионной) стойкости строительных материалов под действием агрессивных химических сред.

Рассчитать коэффициенты коррозионной стойкости и оценить относительную стойкость строительных материалов под действием агрессивных химических сред.

2. Краткие теоретические сведения

Стойкость бетона — это способность материала долго сохранять свои свойства: огнестойкость и жаростойкость, морозостойкость, стойкость бетона в химически агрессивной жидкой и газовой среде и сохранять свои эксплуатационные качества при работе в неблагоприятных условиях внешней среды без значительных повреждений и разрушений.

Цементный камень менее стойкий, нежели каменные заполнители, и при воздействии на бетон химически агрессивных агентов разрушается в первую очередь. Все причины коррозии бетона на портландцементе могут быть сведены в следующие **основные группы**:

1. Физическое растворение и вынос фильтрующейся сквозь бетон мягкой, пресной водой гидрата окиси кальция и других растворимых соединений, входящих в состав цементного камня (выщелачивание). Коррозия этого вида связана с прогрессирующим уменьшением плотности и прочности бетона.

2. Взаимодействие компонентов цементного камня, прежде всего гидрата окиси кальция, со свободными кислотами, которые могут содержаться в воде. В результате образуются относительно легко растворимые соли этих кислот, вымываемые водой из бетона с последующим уменьшением плотности и прочности бетона.

3. Взаимодействие содержащихся в минерализованных водах солей, в частности сульфатных или магнезиальных, с составными частями цементного камня, в результате чего могут происходить обменные реакции с образованием в цементном камне новых соединений, легче растворимых в воде, нежели исходные его компоненты. Например, образование под действием сульфатных солей вместо $Ca(OH)_2$ легко растворимого гипса. Гипс же при кристаллизации увеличивается в объёме, что может привести к внутренним на-

пряжениям и образованию трещин, усиливающих процессы коррозии бетона и арматуры.

Бетоны на основе гипсовых вяжущих обладают повышенной стойкостью в сульфатных растворах низкой (0,2 %) и высокой (3 %) концентраций, а также в минерализованных грунтовых водах. Коэффициент его коррозионной стойкости, характеризующий изменение прочностных и деформационных свойств материала за периоды 6 или 12 мес., находится в интервале значений 0,83-1,0.

Сущность метода определения коррозионной стойкости строительных материалов состоит в сравнении масс и значений предела прочности при сжатии образцов, выдержанных в воде, и образцов, подвергщихся влиянию агрессивной химической среды, через определенные интервалы времени выдержки.

3. Порядок выполнения расчетов

Коэффициенты коррозионной стойкости материала по массе образца и пределу прочности при сжатии рассчитывают по формулам

$$K_m = \frac{m_{(агр)}}{m_{(вод)}},$$

$$K_{R_{сж}} = \frac{R_{сж(агр)}}{R_{сж(вод)}},$$

где *m(агр)* - среднее значение массы образцов, подвергшихся влиянию агрессивной среды, г;

m(вод) - среднее значение массы образцов, выдержанных в воде, г.

Rсж(агр) - среднее значение предела прочности при сжатии образцов, подвергшихся влиянию агрессивной среды, МПа;

Rсж(вод)- среднее значение предела прочности при сжатии образцов, выдержанных в воде, МПа.

4. Порядок проведения занятия

Студентам на занятие предоставляется ГОСТ Р 52804-2007 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Методы испытаний». Студенты самостоятельно оформляют положения данного ГОСТ в тетрадях для практических занятий. Затем изучают и осваивают эти положения в ходе практического занятия.

После изучения и освоения методики определения относительной (коррозионной) стойкости строительных материалов под действием агрессивных химических сред студенты выполняют расчеты по определению коэффициентов коррозионной стойкости различных строительных материалов при изменении массы образца и предела прочности при сжатии.

5. Рабочее задание

Рабочее задание формулируется в виде условия задачи.

Задача. Испытанию на коррозионную стойкость под действием агрессивных хи-

мических сред подверглись образцы-балочки строительного материала (задается преподавателем индивидуально) размером 40х40х160 мм в количестве 6 штук.

Результаты определения массы и испытаний образцов-балочек на прочность при сжатии представлены в табл.

Таблица1 Результаты испытаний

Вид материала	Номер образца	Масса образца, г, находящегося в				Предел прочности при сжатии образца, МПа, находящегося в			
		воде, через, сут		агрессивной среде, через, сут		воде, через, сут		агрессивной среде, через, сут	
		1	**28**	**1**	**28**	**1**	**28**	**1**	**28**
	1								
	2								
	...								

Требуется рассчитать значение коэффициенты стойкости строительных материалов под действием агрессивных химических сред по массе и по величине предела прочности при сжатии.

6. Результаты выполнения работы

Результаты расчетов заносят в табл. 2.

Таблица 2

Относительная коррозионная стойкость материалов
под действием агрессивных химических сред

Вид материала	Коэффициент стойкости по:	
	массе, через 28 сут	по пределу прочности при сжатии, через 28 сут

7. Содержание отчета

Отчет должен содержать следующие разделы.

Наименование и цель занятия.

Краткое описание методики определения коррозионной стойкости строительных материалов.

Условие задачи.

Расчетные формулы и расчеты по ним.

Таблицы с результатами расчетов и выводы.

8. Контрольные вопросы

1. Что понимается под стойкостью бетона?
2. Каковы причины коррозии бетонов?
3. Какие виды коррозии Вы знаете?
4. Что такое коэффициент коррозионной стойкости?
5. По каким критериям рассчитывается коэффициент коррозионной стойкости?
6. Сущность метода определения коррозионной стойкости строительных материалов.

1.3. Выводы

По результатам анализа полученных данных дают оценку коррозионной стойкости различных строительных материалов

Литература

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	Строительные материалы (Материаловедение. Технология конструкционных материалов): Учебник под общей ред. В.Г. Микульского, Г.П. Сахарова – М.: Изд-во АСВ, 2007. - 520 с.	168
2	СНиП 2.03.11-85. Защита строительных конструкций от коррозии /Минстрой России. - М.: ГП ЦПП, 1995. - 56 с.	17 экз.
3	Долговечность железобетона в агрессивных средах /С.Н. Алексеев, Ф. М. Иванов, С. Модры, П. Шиссль. - М.: Стройиздат, 1990.-320 с.	183 экз
4	СНиП 3.04.03.-85 Защита строительных конструкций и сооружений от коррозии/Минстрой России/ Методы оценки химического сопротивления и прогнозирования долговечности строительных материалов и конструкций. Нормативными,-М: ГП ЦПП,1995.	**ЭБС IPRbooks**
5	Герхард Шпете. Надежность несущих строительных конструкций. М.: - 1994.- 120 с.	**ЭБС IPRbooks**
6	Рахимов Р.З.,Алтыкис М.Г.Долговечность строительных материалов. Учебное пособие. Казань: КГАСУ, 2005. -118 с.	**ЭБС IPRbooks**
	Обследование и испытание зданий и сооружений : Учебное пособие. - М. : АСВ, 2001,2004,2002. - 240с. : ил. - ISBN 5-93093-107-0 : 118.00.	

№ п/п	Наименование	Кол-во экз.
1	ГОСТ Р 27.002-2009 Надежность в технике. Термины и определения	**ЭБС IPRbooks**
2	ГОСТ 27.301-95 Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения	**ЭБС IPRbooks**
3	ГОСТ Р 54257-2010 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования строительных вузов, 2008. – 342 с.	**ЭБС IPRbooks**
4 5	СП 131.13330.2012 (Актуализированная редакция СНиП 23-01-99)	**ЭБС IPRbooks**

6 7	Строительная климатология, -М.: Минстрой РФ, 2012. – 109 с. СП 50.13330.2012 (Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003) Тепловая защита зданий, - М.: Минстрой РФ, 2012. -34 с. Справочное пособие к СНиП 23-01-99*. – М.: НИИ Строительной физики РААСН, 2006. – 75 с.	**ЭБС IPRbooks** **ЭБС IPRbooks** **ЭБС IPRbooks** **ЭБС IPRbooks**