

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Архитектурно-строительный институт

(наименование института полностью)

Центр архитектурных, конструктивных решений и организации строительства

(наименование)

08.04.01 Строительство

(код и наименование направления подготовки)

Строительство, эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений

(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Экспериментальная оценка влияния промасливания на прочность
тяжелого бетона

Обучающийся

П.П. Кузнецов

(Инициалы Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

канд. техн. наук, доцент, Д.С. Тошин

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Консультант

канд. пед. наук, доцент, О.Н. Брега

(ученая степень (при наличии), ученое звание (при наличии), Инициалы Фамилия)

Тольятти 2023

Содержание

Содержание	2
Введение	3
1 Теоретические аспекты в технологии и оценке влияния промасливания на прочность тяжелого бетона	6
1.1 Характеристика, структура и свойства тяжелого бетона	8
1.2 Анализ существующих исследований по оценке влияния промасливания на прочность тяжелого бетона	24
1.3 Влияние минеральных масел на эксплуатационные качества тяжелого бетона	29
2 Определение прочности бетона	34
2.1 Технология определения прочности бетона по контрольным образцам-кубам	34
2.1.1 Подбор материалов	35
2.1.2 Подготовка контрольных образцов к испытанию	36
2.2 Проведение испытания контрольных образцов	40
2.3 Проведение исследований по выдерживанию образцов – кубов в масле	44
2.4 Проведение испытаний образцов, замоченных в трансмиссионном масле	47
3 Обработка и оценка результатов испытаний образцов	52
3.1 Определение прочности бетона контрольных образцов	52
3.2 Определение прочности бетона образцов, выдержанных в трансмиссионном масле	56
3.2.1 Анализ полученных результатов	61
3.3 Определение разницы прочности бетона контрольных образцов и образцов, выдержанных в трансмиссионном масле	63
Заключение	67
Список используемой литературы	68

Введение

В представленной работе проведен углубленный анализ технологии влияния промышленных масел на прочность тяжелого бетона, рассмотрены характеристики бетона, оценены работы по исследованию влияния масла на бетон, также определено «влияния минеральных масел на эксплуатационные качества тяжелого бетона» [33].

Проведен подбор материалов для проведения практических испытаний, подготовлены контрольные образцы для исследования. Были рассмотрены основные функции строительной лаборатории, проведены испытания контрольных образцов на прочность. Также, были проведены исследования по выдерживанию образцов в трансмиссионном масле, после чего проведены испытания данных образцов на прочность.

Проведен анализ результатов испытаний, определена прочность бетона до выдерживания в трансмиссионном масле и после, оценена зависимость время выдержки на прочность контрольных образцов.

Актуальность и научная значимость работы

Бетонные и железобетонные конструкции являются материалами для промышленного и гражданского строительства. Применение монолитного железобетона для строительства зданий и сооружений, наряду со сборным, возрастает. Следовательно, одним из критериев устойчивости проектируемых и уже построенных зданий и сооружений является определение прочности конструкций. В Самарской области находится довольно много промышленных предприятий, на которых используются минеральные масла, попадающие на железобетонные конструкции и пропитывающие их. Также, промасливание ведет к снижению прочности конструкций, повышению их пожароопасности.

Цель научно – исследовательской работы – экспериментальная оценка влияния промасливания на прочность тяжелого бетона.

Объект исследования магистерской диссертации – бетонные образцы из тяжелого бетона.

Предметом исследования магистерской диссертации является характеристика бетонных образцов-кубов с нарушенной структурой прочности на сжатие на различных этапах промасливания.

Для достижения указанной цели были поставлены задачи:

- провести анализ существующих научно-исследовательских работ по оценке влияния промасливания на прочность тяжелого бетона;
- разработать методику проведения лабораторных исследований образцов тяжелого бетона;
- выполнить опытно-экспериментальную работу по оценке влияния промасливания на прочность тяжелого бетона в соответствии с разработанной методикой.

Методы исследования: Теоретические и экспериментальные методы исследования.

Опытно-экспериментальная база исследования – строительная лаборатория ООО «АБЗ №1».

Научная новизна исследования заключается в: определении прочности бетона при взаимодействии с минеральными маслами; разработка методики проведения оценки влияния промасливания на прочность тяжелого бетона.

Практическая значимость исследования заключается в определении влияния минеральных масел на показатели прочности тяжелого бетона с помощью предложенной методики.

Достоверность и обоснованность результатов исследований обеспечивалась материалами проведенных исследований, наличием информационного материала и его аналитической обработкой.

Апробация и внедрение результатов работы – результаты работы доложен на конференциях различного уровня, в том числе с опубликованием основных результатов в сборниках трудов. Было опубликовано 2 статьи в Научно-образовательном журнале для студентов и преподавателей «StudNet».

На защиту выносятся:

- анализ результатов расчета прочности бетона контрольных образцов;
- анализ результатов расчета образцов бетона, выдержанных в минеральном масле.

Объем и структура магистерской диссертации.

Диссертационная работа состоит из введения, 3 глав (разделов), заключения, содержит 26 рисунков, 8 таблиц, список используемой литературы (33 источников). Основной текст работы изложен на 71 страницах.

1 Теоретические аспекты в технологии и оценке влияния промасливания на прочность тяжелого бетона

«Строительные смеси на основе цемента имеют давнее происхождение, но не потеряли актуальности и сегодня. Такое стало возможно, благодаря удачному соотношению компонентов и простоты технологии использования. Строительная сфера в нашей стране всегда выгодно отличалась от других отраслей. Её развитие идёт большими темпами, поэтому требуется огромное количество самых различных материалов. Собственное производство бетона для многих предпринимателей становится хорошим стартом для успешного развития. Для начала деятельности достаточно приобрести небольшой завод. Оборудование доступно по стоимости и всегда можно подобрать оптимальный комплект» [29].

«Исследование рынка показало, что такие бизнес-проекты в большинстве случаев оказываются удачными, ведь бетонные смеси всегда нужны на рынке и пользуются стабильным спросом, чего не скажешь о других видах стройматериалов. Материал широко применяется в строительстве жилого фонда и развитии инфраструктуры населённых пунктов. Наши города, как губки, потребляют огромное количество цементных смесей. С наступлением тепла это особенно заметно – на всех объектах усиливается активность и появляются новые, требующие материалов. Производство цемента основано на простом технологическом процессе, но является довольно трудоёмким делом. Для получения материала однородного состава необходимо тщательно перемешать несколько компонентов, согласно предусмотренной рецептуре. При этом конечный продукт не может храниться долго, а используется сразу на различных строительных объектах. Если для мелкого частного строительства можно готовить смеси прямо на месте

ручным способом, то более крупным объектам такой вариант не подходит. Необходимо производить бетон в промышленных масштабах» [29].

«Для обеспечения готовыми смесями крупных строительных проектов используется кооперация с мощными компаниями. Малому бизнесу также находится своя ниша – небольшие партии для малых и средних объектов. Розничная торговля бетоном быстро окупает затраты и приносит хорошие дивиденды. С увеличением количества компаний, занимающихся возведением зданий и сооружений, повышается спрос на материалы для работы. Большую роль для удовлетворения такой потребности играют заводы по производству бетона. Бизнес-проекты в этой сфере отличаются высокой конкурентоспособностью и быстрой окупаемостью» [29].

«Современный вариант технологии применения строительных смесей на основе цемента ведёт своё происхождение с 1824 года, когда британский строитель Д. Аспдин взял первый патент на изготовление портландцемента [5]. В названии материала фигурирует городок Портленд, отличающийся живописной местностью и серыми скалистыми горами, так похожими по цвету на новый строительный материал. С этого времени цемент стал широко распространяться по Европе и миру, постоянно набирая популярность и завоёвывая рынки. Отечественные бетонные смеси изготавливались по ГОСТ 25192. В нормативном документе перечислены различные классы, химические и физические параметры, марки.

В зависимости от сферы использования, погодных условий и предполагаемых нагрузок, необходимы различные по составу и качеству смеси. Наибольшей популярностью и востребованностью обладает тяжёлый бетон. Он сегодня необходим в огромных количествах для возведения опорных конструкций, фундаментов, монолитных строений и других ответственных объектов» [29].

1.1 Характеристика, структура и свойства тяжелого бетона

Анализируя материал Баженова Ю.М. [10] стоит отметить, что в настоящее время в строительстве используются различные виды бетона. Классификация бетона помогает понять его разнообразие. Классификация бетона производится по плотностным параметрам: легкий 500-1800 кг/м³, тяжелый 1800 – 2500 кг/м³ и особо тяжелый свыше 2500 кг/м³.

«В строительстве наиболее широко используют тяжелый бетон с плотностью 2100...2500 кг/м³ на плотных заполнителях из горных пород (гранит, известняк, диабаз и др.). Облегченный бетон с плотностью 1800...2000 кг/м³ получают на щебне из горных пород с плотностью 1600 ... 1900 кг/м³ или без песка (крупнопористый бетон)» [10].

Цемент – это серое, порошкообразное вещество, которое действует как клей, скрепляющий все составляющие бетона. Цемент покрывает и обволакивает гравий, песок, камень и тем самым склеивает и связывает все воедино. Для того чтобы изготовить цемент, необходим: известняк, глина, и другие составляющие, такие как железо. Все необходимые элементы дробят и стирают в порошок, который засыпается в печь. Во вращающихся цилиндрических печах смесь нагревается до температуры 1482 градуса °С. Смесь частично расплавляется и становится практически жидкой. Таким образом, происходит формирование клинкера. После того, как клинкер остывает, его измалывают в порошок. Цемент связывает ингредиенты воедино, будучи добавлен к смеси песка, воды и дробленого камня цемент вступает в реакцию и связывает исходное вещество в единое могучее целое. Ключевым элементом является вода, вступив в реакцию с водой, цемент подвергается преобразованию, который именуется гидратацией. В ходе этой реакции на поверхности каждой частицы цемента появляется ядро, которое растет и расширяется, и соединяется с другими ядрами, дробленому камню и песку в смеси. Цемент связывает эти ингредиенты. Затвердев, бетон

превращается в конструктивный элемент современного строительства. Эта базовая технология оставалась неизменной более века. Для того чтобы изготовить смесь правильно, требуется точность и безошибочное исполнение. Ингредиенты и временной расчет, будучи верными, усиливают друг друга [7].

Вне зависимости от марки и вида тяжелого бетона в его состав обязательно входят следующие компоненты:

- вода, которая необходима для получения качественного раствора. Используется вода средней жесткости без загрязнений и дополнительных примесей;

- пластифицирующие добавки. Данные добавки представляют собой различные виды пластификаторов, которые классифицируются в зависимости от направленности действия: разжижение, прочность, вязкость, морозостойкость, вязкость и гидрофобность. Содержание пластификатора в тяжелом бетоне в среднем составляет от 0,15 до 0,3 % от массы вяжущего компонента;

- крупный заполнитель, который необходим для придания дополнительной прочности. Самым распространенным крупным заполнителем является щебень гранитных пород;

- вяжущий компонент, в качестве которого используются полимеры или различные виды цементов;

- мелкий заполнитель, назначение которого заключается в том, чтобы придать смеси максимальную однородность. В большинстве случаев в качестве такого заполнителя используется песок средней фракции, не содержащий глинистые включения.

Самыми распространенными видами тяжелого бетона являются:

- декоративный бетон, применяемый при строительстве декоративных и облицовочных элементов, а также несущих конструкций. Данный бетон обладает морозостойкостью и прочностью не менее М 150, в основе состава которого белый или цветной бетон;

– железобетон. Данный вид бетона обладает большим весом и увеличенной сопротивляемостью по отношению к разрушающим нагрузкам на изгиб благодаря арматурному каркасу. Он используется для создания основы для специализированных бетонов;

– полимербетон, который отличается частичным или полным замещением минерального вяжущего эпоксидными или полимерными смолами, наличие которых способствует увеличению эксплуатационных характеристик и долговечности;

– гидротехнический бетон. Данный вид бетона изготавливается на основе сульфатостойкого и пуццоланового портландцемента. Гидротехнический бетон обладает высокой стойкостью по отношению к замораживанию и влаге, малыми теплопроводностью и коэффициентом теплового расширения по сравнению с другими типами бетонов.

К основным свойствам тяжелых бетонов относятся прочность, теплофизические свойства, водопоглощение, водопроницаемость, деформативность, ползучесть, модуль упругости и т. п. Под нагрузкой бетон ведет себя не как идеальное упругое тело, а как упруговязкопластичное тело. В случае небольших напряжений бетон деформируется, как упругий материал. В данном случае начальный модуль упругости зависит от прочности и пористости.

Ползучесть является склонностью бетона к росту пластических деформаций при длительном действии статической нагрузки. Данное свойство бетонов связано с пластическими свойствами цементного геля и микротрещинообразованием. У ползучести затухающий во времени характер, также она зависит от многих факторов. Ползучесть активно развивается, если бетон в раннем возрасте. Она может оцениваться с двух сторон. В первом случае она может рассматриваться, как положительный процесс, который способствует снижению напряжения, возникающего из-за термических и

усадочных процессов. Как отрицательное явление, ползучесть снижает эффект от предварительного напряжения арматуры.

Усадка представляет собой процесс сокращения размеров элементов бетона при затвердевании и дальнейшем нахождении в условиях сухого воздуха. Главная причина усадки – сжатие гелевой составляющей цементного камня при высыхании. В среднем усадка тяжелого бетона составляет 0,3 - 0,4 миллиметра на метр. У бетонов существенная пористость, причина возникновения которой – избыточное количество воды затворения [30].

Водопоглощение характеризует способность бетона впитывать влагу в капельножидком состоянии, которое зависит от характера пор. Максимальное водопоглощение тяжелых бетонов с плотными заполнителями составляет 4 - 8 %. Большое водопоглощение отрицательно сказывается на морозостойкости бетона. Такое свойство бетона, как водопроницаемость, определяется проницаемостью цементного камня и контактной зоны. Большая водопроницаемость может стать причиной быстрого разрушения цементного камня из-за коррозии. Морозостойкость главное свойство, определяющее долговечность бетонных конструкций. Это свойство оценивается при помощи попеременного замораживания при – 18 градусов по Цельсию и оттаивания в вода при +18 градусах по Цельсию. Самыми важными теплофизическими свойствами тяжелых бетонов являются теплоемкость, теплопроводность и температурные деформации. Теплопроводность тяжелых бетонов в среднем в два раза.

Соотношение цемента к песку и щебню для бетона представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1 – Соотношение цемента М-400(Ц), песка (П) и щебня (Щ) для бетона

Марка бетона	Массовый состав, кг Ц: П: Щ	Объемный состав на 10л цемента, л П: Щ	Количество бетона из 10л цемента, л
100	1:4.6:7.0	41:61	78
150	1:35:5.7	32:50	64
200	1:8:4.8	25:42	54
250	1:1:3.9	19:34	43
300	1:9:3.7	17:32	41
400	1:2.2:2.7	11:24	31
450	1:1.2:2.5	10:22	29

Таблица 2 – Соотношение цемента М500(Ц), песка (П) и щебня (Щ) для бетона

Марка бетона	Массовый состав, кг Ц: П: Щ	Объемный состав на 10л цемента, л П: Щ	Количество бетона из 10л цемента, л
100	1:5.8:8.1	53:71	90
150	1:4.5:6.6	40:58	73
200	1:3.5:5.6	32:49	62
250	1:2.6:4.5	24:39	50
300	1:2.4:4.3	22:37	47
400	1:1.6:3.2	14:28	36
450	1:1.4:2.9	12:25	32

В соответствии с ГОСТ 26633-2015 бетон тяжелый – это бетон плотной структуры средней плотностью более 2000 до 2500 кг/м включительно на цементном вяжущем и плотных крупном и мелком заполнителях [1].

Бетон — это искусственный каменный материал, получаемый после отверждения рационально подобранной, тщательно подготовленной и уложенной смеси вяжущего, воды, крупных и мелких заполнителей и добавок.

«Общие закономерности строения и технических свойств бетона удобно рассматривать на примере тяжелого бетона, который чаще всего используется для изготовления монолитных конструкций и сборных конструкций. Затвердевший бетон относится к материалам конгломератного типа, так как

состоит из зерен разных заполнителей, склеенных цементным камнем. В структуре бетона выделяются три элемента: цементный камень, заполнители и площадь соприкосновения между ними. Количественные соотношения и качественные различия между этими элементами определяют характер конструкции и свойства бетона» [33]. Различают макро и микроструктуру бетона.

Макроструктура характеризует структуру бетона как искусственный конгломерат и зависит от соотношения компонентов бетона, а также от равномерности их распределения. Также учитываются воздушные пустоты, возникающие из-за недоуплотнения бетонной смеси. Усадочные трещины, которые образуются при затвердевании в цементном камне и в зоне контакта и нарушают прочность бетона, также имеют большое влияние на свойства бетона.

Поэтому важно не только получить бетон с определенной средней прочностью, но и обеспечить ее во всем объеме изготавливаемых конструкций.

Особые свойства тяжелых бетонов определяют сферу его применения. Этот материал в основном используется для решения строительных задач:

- для строительства железобетонных конструкций. В этом случае важно повысить прочность смеси и сократить время ее застывания;
- для строительства систем гидротехнического назначения. На первый план выходят способность материала противостоять воздействию внешней среды и его повышенная прочность;
- для прокладки автомобильных дорог и строительства аэродромов. Надежность покрытия достигается за счет высокой устойчивости материала к нагрузкам и температуре;
- для возведения прочных фундаментов при строительстве промышленных предприятий;

– укладка перекрытий и стен в стратегических помещениях и важнейших объектах.

Превосходные прочностные характеристики, простота подачи и укладки в сочетании с доступной ценой делают тяжелый бетон самым используемым и практичным строительным материалом. При устройстве ограждающих конструкций (стен) и легких полов наиболее эффективен легкий бетон. И все же даже в таких легких конструкциях используются несущие и несущие элементы из тяжелого бетона.

«Тяжелый бетон — типичный представитель искусственных строительных конгломератов. В нем отвердевшее цементное тесто, или цементный камень, полностью окружает каждую частицу мелкого и крупного заполнителя и, кроме того, заполняет пространство между этими частицами, составляя, таким образом, непрерывную пространственную сетку, или матрицу. В процессе отвердевания цементного теста частицы заполнителя оказались сцементированными в общий монолит. В монолите 20—30% его объема занимает цементный камень, а на долю заполнителя приходится, следовательно, 70—80% объема. В пределах объема тяжелого бетона имеется также капиллярно-поровая часть, которая образуется в результате испарения свободной воды, недоуплотнения смеси и усадочных явлений. Поры имеются также в частицах заполнителя, а микропоры характерны для цементного камня. Нередко воздушные поры (1—2%) равномерно распределены в объеме бетона, возникая в процессе перемешивания бетонной смеси со специальной воздухововлекающей добавкой, что обычно повышает морозостойкость бетона. Поры цементного камня можно разделить условно на особо тонкие, например, диаметром до 1000 А, называемые гелевыми, и более грубые диаметром, например, от 1000 А до 10 мкм, называемые капиллярными, поскольку многие из них взаимосвязаны, образуя своеобразную систему «микроканалов», доступных к проникновению и движению по ним внешней водной среды, понижающей морозостойкость бетона» [32].

«Непременной структурной частью бетона, подобно другим конгломератам, являются контактные зоны (обычно шириной до 50—65 мкм), микроструктура цементного камня в которых несколько отлична от такой же структуры в объемном цементном камне повышенной концентрацией кристаллической фазы и пониженным содержанием микропор. Контактный слой может также отличаться химическим составом его кристаллической фазы. Такова в общих чертах структура и микроструктура тяжелого цементного бетона.

В значительной мере структура по свойствам неоднородна, как неоднородны составляющие ее компоненты (щебень, песок, цементный камень). Она не свободна от многих дефектов, связанных с технологическим и эксплуатационным периодами, что отражается на уровне показателей механических свойств и долговечности бетона.

Для тяжелых бетонов характерным является не только высокое значение средней плотности, но и высокая прочность. Значения средней плотности находятся в пределах 1800—2500 кг/м³, а прочность по сжатию — от 5 до 80 МПа. Проектные марки его по пределу прочности при сжатии: М50, 75, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400, 500, 600, 700 и 800.

Класс бетона по пределу прочности при сжатии (в МПа) определяют с помощью образцов размером 15x15x15 см (с умножением на коэффициент 0,778), изготовленных из бетонной смеси и испытанных через 28 суток твердения при хранении в нормальных условиях, т. е. при температуре 20±2°С, относительной влажности воздуха не ниже 90%. Имеются некоторые исключения, например гидротехнический бетон речных сооружений оценивают по прочности также в 60-, 90- и 180-дневном возрасте образцов нормального твердения. При других размерах образцов-кубов с ребром 7,10, 20 и 30 см результаты испытаний умножают на масштабные коэффициенты, соответственно равные 0,85; 0,91; 1,05; 1,10. Для оценки прочности вместо образцов-кубов нередко используют призмы размером 10x10x40 см или

других размеров, испытываемых на изгиб, а также образцы-цилиндры диаметром 7, 10, 15, 20, 30 см и высотой, равной диаметру или двум диаметрам» [32].

«Бетон называют высокопрочным, если его марка выше 600, например 700 или 800. Иногда к высокопрочному относят бетон с прочностью выше стандартной марки цемента, использованного в его составе. В настоящее время активность вяжущих — цементов (и гипсов), применяемых в бетонах, значительно увеличена, что позволяет получать бетоны с пределом прочности при сжатии 100 МПа. По мнению некоторых специалистов, возможности в этом направлении не исчерпаны и прочность бетона на сжатие может достигнуть 400 МПа.

Прочность бетона на растяжение составляет от 6 до 10%, а при изгибе — от 10 до 16% от предела прочности при сжатии. По пределу прочности на осевое растяжение бетоны делятся на марки от 10 до 40, а при изгибе — от 1,5 до 5,5 МПа. Упрочнить бетон на растяжение можно армированием, поскольку металлическая арматура способна почти полностью принять на себя растягивающие напряжения, разгружая от них бетон. Арматура может располагаться как направленно, так и в хаотическом виде (при волокнах-фибре).

Прочность бетона не остается величиной постоянной, при благоприятных условиях — высокой влажности воздуха, положительной температуре и т. п. [28] — отмечается прирост прочности, определяемый по формуле

$$R_t = R_{28} \frac{\lg t}{\lg 28}$$

где t — возраст бетона в сутках, но не менее трех суток.

К возрасту одного года тяжелый бетон в этих условиях самоупрочняется на 70—90% от R_{is} » [32].

«Кроме статической прочности, иногда проверяют величину динамической прочности, или ударной вязкости. При вибрационных воздействиях на конструкцию важно определять усталостную прочность бетона, характеризуемую количеством циклов вибрационного воздействия до признаков разрушения структуры.

Долговечность бетонных конструкций в большой мере обуславливают деформативные свойства бетона. Особо следует выделить ползучесть, которая проявляется при сжимающих, растягивающих и других напряжениях, действующих в течение длительного времени. Ползучесть в бетонах в значительной мере обусловлена ползучестью цементного камня и, в соответствии с законом конгруэнции ИСК, возрастает с увеличением в нем теплоты по мере роста водоцементного отношения. Но ползучесть зависит также от качества заполнителя. Она больше при уменьшении модуля упругости горной породы, применяемой для получения заполнителя. Кроме того, ползучесть связана с наличием микротрещин в контактной зоне на границе цементного камня с заполнителем и зависит еще от ряда других причин. Цементный бетон обладает упругими свойствами. При оптимальных структурах упругие деформации бетона тем значительнее, чем более упругим является цементный камень. Кроме того, упругие свойства зависят от уровня нагружения бетона механическими силами. При оценке упругости обычно принимают некоторое постоянное напряжение, передаваемое на бетон, например, равное по величине 0,2 от предела прочности при сжатии.

При твердении бетона возникают линейные и объемные деформации под влиянием усадки и набухания, что приводит к появлению трещин, поэтому стремятся уменьшить размеры этих деформаций. В возрасте 1—1,5 года конечный размер усадки бетона составляет от 0,1 до 1,5 мм/м, что зависит от разновидности принятого цемента, количества цементного камня в бетоне, внешних температурно-влажностных условий. Вызывают деформации и температурные колебания воздуха или другой внешней среды» [32].

«Определенную пользу в «залечивании» возникающих при твердении дефектов и усадочных деформаций может приносить, как показали исследования А.В. Саталкина, статические и даже комплексные (статические с динамическими и вибрационными) нагрузки на молодой бетон. При определенных условиях раннее нагружение твердеющего бетона приносит закономерное упрочнение, что происходит вследствие некоторой благоприятной перестройки микро- и макроструктуры при твердении под нагрузкой. Важно только, чтобы напряжения не превышали предела длительной прочности бетона на ранней стадии его твердения.

На снижение величины усадки бетона оказывает влияние повышение плотности заполнителя, его гранулометрический состав, снижение водоцементного отношения, оптимизация структуры бетона. Применение напрягающих и расширяющихся цементов также благоприятствует получению бетонов с компенсированной усадкой, повышенной морозостойкостью и водонепроницаемостью. За рубежом используют расширяющиеся синтезированные добавки, вносимые в смесь. НИИЖБом предложена отечественная добавка того же назначения. Конструкции из бетона с компенсированной усадкой превосходят по качеству традиционные.

Важнейшей характеристикой качества бетона является морозостойкость. По этому свойству бетоны маркируют: F50, 75, 100, 150, 200, 300, 400, 500. К не выдержавшим установленного маркой числа циклов замораживания при температуре $-15\text{—}20^{\circ}\text{C}$ и оттаивания при температуре $+15\text{—}+20^{\circ}\text{C}$ (по стандарту) относятся бетонные образцы, которые теряют более 5% по массе за время испытаний (эта оценка только для дорожных бетонов), а в прочности на сжатие — более 15% от ее первоначального значения. По стандарту для сравнения принимается прочность образцов в так называемом эквивалентном возрасте, определяемом с учетом продолжительности твердения» [32].

Бетон разделяют на марки и по водонепроницаемости, что имеет особое значение, когда в эксплуатационных условиях бетон подвержен длительному контактированию с водной средой. Проверка полной водонепроницаемости (или иногда водопроницаемости) производится в лаборатории путем воздействия напора воды на образец цилиндрической формы и толщиной 15 см при различных гидростатических давлениях, выражаемых в Па (от $2 \cdot 10^5$ до $12 \cdot 10^6$). Приняты следующие марки: W2, W4, W6, W8, W10 и W12, которые особенно важно учитывать при проверке качества бетона для труб, гидротехнического и других видов тяжелого бетона.

«Непроницаемый бетон может оказаться проницаемым при более высоких давлениях воды или при жидкостях, которые более подвижны, с меньшей вязкостью, например легких нефтепродуктах. В таких случаях повышают непроницаемость бетона введением уплотняющих (например, алюмината натрия) и гидрофобизирующих добавок, употреблением защитных синтетических пленок. Фильтрация нефтепродуктов снижается при добавлении в бетонную смесь хлорного железа или других проверенных добавок. Для всех жидких сред, особенно воды, фильтрация (проницаемость их) затруднена при использовании в бетоне расширяющегося и напрягающего портландцементов.

Значение прочности в технологии бетона существенно возрастает, если в заданном пределе она остается постоянной при изготовлении массовой продукции. Если же она меняется от замеса к замесу, то получаемая продукция вследствие неоднородности по прочности является низкой по своему качеству и дорогой по стоимости. Однородность бетона заданной марки оценивают по результатам контрольных испытаний бетонных образцов за более или менее длительный период времени. С этой целью определяют коэффициент вариации по формуле $V-S/R_{cp}$, где S —среднее квадратичное отклонение частных результатов испытания от средней прочности (R_{cp})

Однородность бетона признается удовлетворительной, если коэффициент вариации V имеет значение не более 0,135 (или 13,5%). Правильно организованное производство бетона позволяет достигать значения V не выше 7—8% или даже ниже. Снижению V способствуют автоматизация и полная механизация производственных процессов, высокий уровень подготовки исходных материалов, оптимизация состава бетона и технологических операций на заводе» [32].

Тяжелый бетон — это материал высокой плотности, который используется при строительстве мостов, складских помещений и монолитных фундаментов. Для его изготовления используются прочные наполнители (гранитный или гравийный щебень), песок, цемент и химические добавки, улучшающие полезные свойства.

Виды тяжелого бетона:

Гидробетон — для конструкций, находящихся в воде или контактирующих с ней.

В зависимости от условий эксплуатации происходит следующее:

- подводный,
- расположен в зоне с переменным уровнем воды,
- надводный.

Есть требования к прочности, повышенной плотности, водонепроницаемости, морозостойкости и низкому тепловыделению.

Все очищенные от ненужных примесей компоненты загружают в бетоносмеситель и тщательно перемешивают. На выходе смесь должна соответствовать ГОСТу. На крупных предприятиях есть собственные лаборатории контроля качества.

Приготовление бетонной смеси включает в себя точное дозирование материалов по весу или объему и перемешивание. Смешивание компонентов

бетонной смеси осуществляется в бетономешалках. По принципу смешивания различают 2 типа бетоносмесителей: роторная и противоточная.

Во вращающемся бетоносмесителе (рис. 1) материалы перемешиваются в стационарном смесительном барабане с помощью вращающихся лопастей, установленных на валу. В противоточном бетоносмесителе (рис. 2) барабан вращается в одном направлении, а лопасти – в противоположном. Бетоносмеситель противоточный в первую очередь предназначен для твердых смесей. На рисунке 1 представлен Стенд-кантователь Р-770Е.

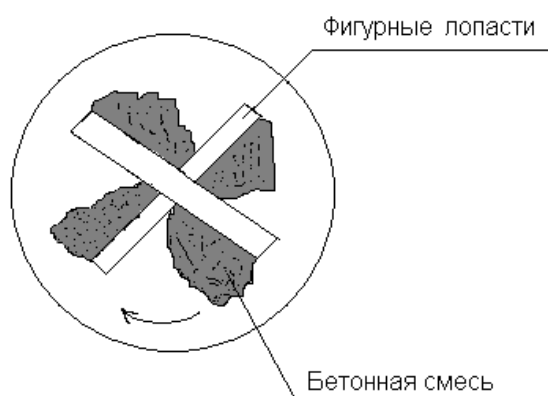


Рисунок 1 – Стенд-кантователь Р-770Е

На рисунке 2 представлена Противоточная бетономешалка.

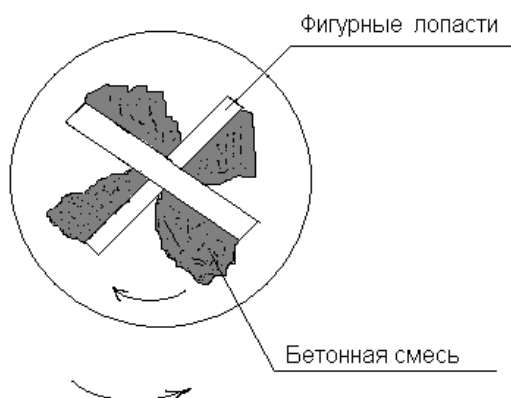


Рисунок 2 – Противоточная бетономешалка

В бетономешалках с перемешиванием со свободным падением материала (или их еще называют гравитационным) перемешивание происходит с помощью барабана, на внутренней поверхности которого расположены лопасти (рисунок 3).



Рисунок 3 – Гравитационная бетономешалка

При вращении барабана лопасти захватывают бетонную смесь, поднимают ее на определенную высоту и выпускают, что обеспечивает интенсивное перемешивание. Время перемешивания составляет от 1 до 5 минут в зависимости от объема бетоносмесителя (от 100 до 9000 л) и подвижности бетонной смеси. Бетонная смесь транспортируется тележками, ленточными конвейерами, автобетононасосами и автотранспортом.

Укладка и уплотнение бетонной смеси.

Бетонная смесь укладывается в формы специальными бетоноукладчиками, движущимися по колее, или ящиками, перевозимыми мостовыми кранами. Для формирования бетонных изделий, как правило, необходимо их уплотнять (кроме высокопористого газобетона).

Методы уплотнения:

– вибрация. Когда бетонная смесь вибрирует, вибрации, создаваемые вибрирующим механизмом, становятся подвижными, текучими и заполняют все профили формы;

– вибропрессование и виброштампование. Вибрация сочетается с прижимающим действием плоской (вибропрессование) или профилированной (виброштампование) пластины. Ребристые пластины, ступеньки и т. д. формируются методом вибрационного тиснения;

– центрифугирование. При формовании изделий на центрифугах форма для бетонной смеси вращается с определенной скоростью вокруг своей продольной оси, в результате чего центробежные силы распределяют бетонную смесь по стенкам формы. Изделия бывают полыми, с круглой внутренней полостью и любой внешней формой в зависимости от формы. Таким методом создаются трубы, круглые сваи и другие полые изделия.

На рисунке 4 представлен поверхностный и глубинный вибратор.

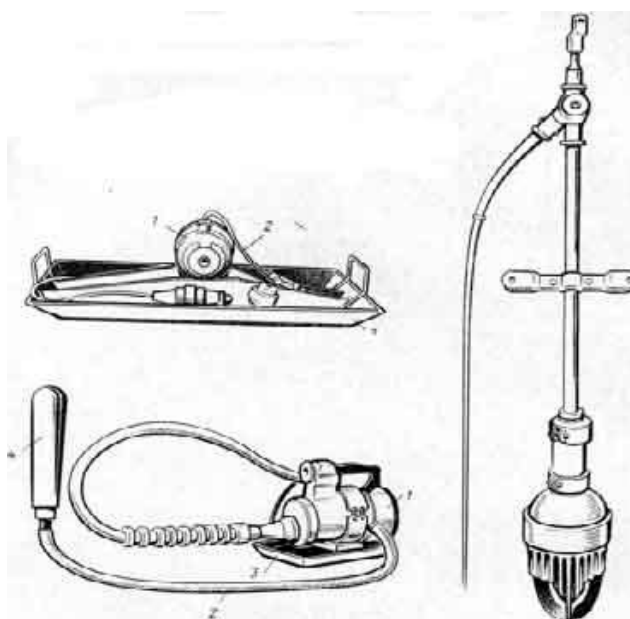


Рисунок – 4 Поверхностный и глубинный вибратор

Затвердевание бетона.

В обычных условиях (комнатная температура и влажность около 100%) затвердение бетона занимает 28 дней. В промышленных условиях твердение бетона ускоряется.

Методы ускорения твердения: Термовлагообработка (ТВО). Его проводят в паровых камерах шахтного типа (глубиной ≈ 2 метра) (рисунок 5) в атмосфере насыщенного водяного пара при температуре 90-100 °С в течение 12-15 часов. Режимы ТВО: выдержка 2-3 часа, подъём t -ры со скоростью 25-300С в час, изотермический прогрев ($t=80-900С$) в течении 6-8 часов, охлаждение со скоростью 30-400С в час, общее время ТВО 12-15 часов

После пропаривания, в зависимости от использования различных цементов, продолжительности и температуры испарения, продукты достигают от 70% до 100% прочности бетона через 28 дней.

1.2 Анализ существующих исследований по оценке влияния промасливания на прочность тяжелого бетона

Известно, что попадание минерального масла на бетонные конструкции промышленных зданий приводит к повышению пожароопасности, а также способствует к существенному изменению прочностных свойств тяжелого бетона. Панин А.Н., в своей статье рассмотрел проблему влияния пропитки машинным маслом бетонных образцов – кубов на несущую способность конструктивных элементов железобетонного перекрытия. Исследования, проводимые Паниным А.Н., по данному вопросу показали, что до сих пор не существует общепризнанной универсальной методики расчета конструкций с локальными масляными пятнами [13].

«Тяжелый бетон является главным материалом в строительной отрасли. Масштабы применения тяжелого бетона будут расти, а область использования тяжелого бетона - расширяться.

Следует отметить, что поверхностно-активные вещества минеральных масел проникая в структуру тяжелого бетона, вызывают адсорбцию, таким образом, происходит понижение прочности тяжелого бетона» [33].

Изучение данной проблемы началось с 1960 г. были исследованы различные минеральные масла, смазочные материалы, растворители, нефтехимическое сырье.

Ассортимент нефтепродуктов, действующих на бетон, очень разнообразен. Это могут быть тяжелые нефтепродукты (нефть, топочный мазут, битум) и легкие (бензин, керосин, авиационное и дизельное топливо). В случае легких нефтепродуктов они не оказывают коррозионного воздействия на бетон, однако, обладая большей подвижностью, чем вода, они могут проникать в толщу конструкции и снижать адгезию бетона к арматуре. Поэтому обычный бетон не подходит для использования в резервуарах для хранения бензина, керосина, дизельного топлива, хотя было сделано несколько попыток создания подобных конструкций [15].

Минеральные масла любого качества: снижают прочность бетона и адгезию к арматуре. Дизельное топливо и масляные эмульсии: снижают прочность бетона и адгезию арматуры, но в гораздо меньшей степени. Керосин и бензин – не снижают прочности бетона, но могут снизить адгезию к арматуре. Наиболее частая проблема – защита бетонных конструкций от воздействия минеральных масел и эмульсий. Не оказывая значительного коррозионного воздействия на арматуру, многие нефтепродукты из-за присутствия в них поверхностно-активных веществ снижают прочность бетона, особенно железобетона (таблица 3).

Таблица 3 – Влияние нефтепродуктов на железобетонные конструкции

Наименования нефтепродуктов	Максимальное снижение прочности	Уменьшение сцепления бетона с арматурой при пропитке, %
Прочность бетона при его пропитке	Гладкая арматура	Арматура периодического профиля
Минеральные масла, мазут	до 70%	до 80%
Дизельное топливо, эмульсии	не снижает	до 20%
Бензин, керосин	не снижает	до 50%

«При эксплуатации автосервисов и предприятий технического обслуживания автотранспорта происходит попадание различных нефтепродуктов на строительные конструкции, что приводит к снижению их надежности.

При эксплуатации зданий автотранспортного обслуживания в большом количестве применяются автомобильные масла и смазки. Зачастую происходит разбрызгивание и систематическое попадание их на полы помещений и железобетонные конструкции, что приводит к изменению физико-механических свойств бетона. При значительной степени насыщения бетона органическими средами возникает необходимость в определении фактической несущей способности промасленных конструкций и оценки их технического состояния» [10].

«Начиная с 1960 г. изучалось влияние (нефтепродуктов на физико-механические свойства бетона и железобетона. При этом исследовали 10 марок минеральных масел, топливный мазут, дизельное топливо, керосин и бензин. В экспериментах использовали портландцементные бетоны различного состава, на разных видах цементов с широких диапазонов водоцементных отношений, на разных заполнителях.

С тех пор известно, что бетон под воздействием минеральных масел значительно снижает прочность. Механизм этого явления следующий. Поверхностно-активные вещества, содержащиеся почти во всех минеральных маслах, попадая в микродефекты бетона, вызывают адсорбционное понижение его прочности и оказывают расклинивающее воздействие, что также снижает прочность бетона. Установлено, что чем больше внутренних микродефектов пористого тела занято поверхностно - активными веществами, тем сильнее их воздействие» [8].

«При испытаниях бетонные образцы – кубы пропитывали в открытых ваннах (в случае тяжелых нефтепродуктов) или в герметически закрытых емкостях (при работе с бензином, керосином и дизельным топливом) и выдерживали в них в течение нескольких лет. Нефтепродукты при этом обновляли каждый 0,5—1 год (в некоторых емкостях нефтепродукты не меняли). Образцы-кубы испытывали на прочность перед пропиткой, затем половину оставшихся образцов-кубов подвергали пропитке и выдерживали длительное время, остальные оставляли в качестве контрольных. Испытания на прочность контрольных и пропитанных образцов - кубов проводили сначала через каждые 0,5 года, а затем через год.

«При проведении анализа всех использованных в экспериментах нефтепродуктов на содержание поверхностно-активных веществ (смола и присадок) установлено, что бензин, керосин и вазелиновое масло смол не содержат. В дизельном топливе обнаружено содержание незначительного количества смол, а в минеральных маслах содержание их доходило до 2%. Следовательно, прочность бетона уменьшалась только в тех нефтепродуктах, которые имели в своем составе смолы, являющиеся поверхностно-активными веществами, способными снижать твердость и прочность пористых материалов.

Петрографические, рентгеноструктурные, электронно-микроскопические и термографические исследования бетонов, длительное

время выдержанных в нефтепродуктах, наличия новообразований не показали. Медленное снижение прочности бетона, длительное время выдержанного в минеральных маслах, можно объяснить тем, что смолы, постепенно накапливаясь в микродефектах, уменьшают его прочность. Когда все микродефекты заполнены поверхностно-активными веществами (смолами), прочность бетона стабилизируется. При пропитке бетона маслом (без длительного выдерживания образцов в емкостях) снижения прочности не отмечалось. Так, часть образцов полностью пропитали минеральными маслами в течение 0,5 года, а затем 6 лет хранили в комнатных условиях. Периодическими, испытаниями этих образцов установлено, что прочность не изменилась. Это явление объясняется тем, что при разовой пропитке бетона маслом смол в бетон попадает незначительное количество и оно не в состоянии заметно снизить прочность. При воздействии на бетон отработанных минеральных масел происходит химическое взаимодействие между слабыми кислотами, содержащимися в них, и цементным камнем. В данном случае бетонные образцы полностью разрушились через 1,5 года» [8].

«Было также установлено, что наиболее отрицательно минеральные масла влияют на контактную зону растворной части бетона с крупным заполнителем, а также на контактную зону цементного камня и мелкого заполнителя, поэтому для изготовления бетонов, на которые в процессе эксплуатации возможно попадание минеральных масел, рекомендуется применять составы с повышенным содержанием цемента.

Большое снижение прочности бетона с высокими водоцементными отношениями при воздействии минеральных масел, по-видимому, можно объяснить тем, что такие бетоны имеют большое количество микродефектов по сравнению с бетонами такого же состава, но с низкими В/Ц» [8].

«В работе Улыбина А.В. [12], в 2021 году было проведено обследование монолитного железобетонного перекрытия завода в Санкт-Петербурге. На данном заводе был расположен участок металлообработки, на данном участке

в течении 30 лет происходили утечки охлаждающих эмульсий и минеральных масел И- 20А, И-30А, ИГП-30. Данные масла применяются в машинах и механизмах промышленного оборудования, условия эксплуатации, не предъявляют особых требований к антиоксидантным и антикоррозионным свойствам масел, а также гидравлических жидкостей и базовых масел. Для определения фактической прочности бетона, были отобраны 6 образцов кубической формы, 3 из которых были взяты из нефтесодержащей зоны и 3 вне зоны промасливания. По результатам данных образцов-кубов, метод показал, что бетон перекрытия производится на щебеночно-гранитном заполнителе фракции 20-40 с включениями до 70 мм, а также путем промасливания» [33].

«Результаты испытаний образцов-кубов (ГОСТ 28570-2019) [6], было выявлено среднее значение прочности промасленного бетона 22,3 МПа, а бетона в не промасленной зоне 22,0 МПа. Таким образом, прочность замасленного бетона не изменилась» [33].

1.3 Влияние минеральных масел на эксплуатационные качества тяжелого бетона

«Большинство смазочных масел производится из сырой нефти. Производственный процесс происходит на нефтеперерабатывающем заводе. Завод производит различную продукцию из нефти: бензин, дизельное топливо, керосин, мазут.

Смазочное масло состоит из молекул углеводородов определенного размера, от 26 до 40 атомов углерода. Молекулы, используемые в бензине или керосине, короче и содержат меньше атомов углерода» [33].

«Начиная с 1960 г. изучалось влияние (нефтепродуктов на физико-механические свойства бетона и железобетона. При этом исследовали 10 марок минеральных масел, топливный мазут, дизельное топливо, керосин и бензин. В экспериментах использовали портландцементные бетоны

различного состава, на разных видах цементов с широкими диапазонами водоцементных отношений, на разных заполнителях.

С тех пор известно, что бетон под воздействием минеральных масел значительно снижает прочность. Механизм этого явления следующий. Поверхностно-активные вещества, содержащиеся почти во всех минеральных маслах, попадая в микродефекты бетона, вызывают адсорбционное понижение его прочности и оказывают расклинивающее воздействие, что также снижает прочность бетона. Установлено, что чем больше внутренних микродефектов пористого тела занято поверхностно-активными веществами, тем сильнее их воздействие» [31].

«При испытаниях бетонные образцы пропитывали в открытых ваннах (в случае тяжелых нефтепродуктов) или в герметически закрытых емкостях (при работе с бензином, керосином и дизельным топливом) и выдерживали в них в течение нескольких лет. Нефтепродукты при этом обновляли каждый 0,5—1 год (в некоторых емкостях нефтепродукты не меняли). Образцы испытывали на прочность перед пропиткой, затем половину оставшихся образцов подвергали пропитке и выдерживали длительное время, остальные оставляли в качестве контрольных. Испытания на прочность контрольных и пропитанных образцов проводили сначала через каждые 0,5 года, а затем через год.

В результате установлено, что легкие нефтепродукты (бензин и керосин) прочность бетона не снизили. Дизельное топливо за то же время снизило прочность бетона значительно. Минеральные масла (за исключением вазелинового) сильно уменьшили прочность бетона. Прочность бетона при выдерживании его и масле индустриальном 20 снижалась медленно, но в конечном итоге потеря прочности составила 70% от первоначальной. В начальные сроки после пропитки прочность бетона уменьшалась. Потеря прочности наблюдалась только через 1—1,5 года при выдерживании образцов в масле. Затем снижение прочности продолжалось, и через несколько лет

прочность стабилизировалась. При этом у бетонов с высокими водоцементными отношениями обнаружено большее снижение прочности. Все марки минеральных масел (за исключением вазелинового) уменьшали прочность практически одинаково. Снижения прочности бетонных образцов, выдержанных в течение 6 лет в вазелиновом масле, не наблюдалось» [31].

«При проведении анализа всех использованных в экспериментах нефтепродуктов на содержание поверхностно-активных веществ (смола и присадок) установлено, что бензин, керосин и вазелиновое масло смол не содержат. В дизельном топливе обнаружено содержание незначительного количества смол, а в минеральных маслах содержание их доходило до 2%. Следовательно, прочность бетона уменьшалась только в тех нефтепродуктах, которые имели в своем составе смолы, являющиеся поверхностно-активными веществами, способными снижать твердость и прочность пористых материалов» [31].

«Петрографические, рентгеноструктурные, электронно-микроскопические и термографические исследования бетонов, длительное время выдержанных в нефтепродуктах, наличия новообразований не показали. Медленное снижение прочности бетона, длительное время выдержанного в минеральных маслах, можно объяснить тем, что смолы, постепенно накапливаясь в микродефектах, уменьшают его прочность. Когда все микродефекты заполнены поверхностно-активными веществами (смолами), прочность бетона стабилизируется. При пропитке бетона маслом (без длительного выдерживания образцов в емкостях) снижения прочности не отмечалось. Так, часть образцов полностью пропитали минеральными маслами в течение 0,5 года, а затем 6 лет хранили в комнатных условиях. Периодическими испытаниями этих образцов установлено, что прочность не изменилась. Это явление объясняется тем, что при разовой пропитке бетона маслом смола в бетон попадает незначительное количество и оно не в состоянии заметно снизить прочность. При воздействии на бетон

отработанных минеральных масел происходит химическое взаимодействие между слабыми кислотами, содержащимися в них, и цементным камнем. В данном случае бетонные образцы полностью разрушились через 1,5 года.

Было также установлено, что наиболее отрицательно минеральные масла влияют на контактную зону растворной части бетона с крупным заполнителем, а также на контактную зону цементного камня и мелкого заполнителя, поэтому для изготовления бетонов, на которые в процессе эксплуатации возможно попадание минеральных масел, рекомендуется применять составы с повышенным содержанием цемента» [31].

«Большое снижение прочности бетона с высокими водоцементными отношениями при воздействии минеральных масел, по-видимому, можно объяснить тем, что такие бетоны имеют большое количество микродефектов по сравнению с бетонами такого же состава, но с низкими В/Ц.

Снижение прочности бетонов некоторыми видами нефтепродуктов происходит в результате содержания в них поверхностно-активных веществ — смол и присадок.

Нефтепродукты, не содержащие смол и присадок (бензин, керосин, вазелиновое масло), прочности бетона не снижают.

Все минеральные масла (за исключением вазелинового) уменьшают прочность бетона практически одинаково.

При наиболее неблагоприятных условиях (структура бетона с большим содержанием микродефектов, высокие водоцементные отношения бетона, обильное попадание на него минеральных масел) снижение прочности бетона может достигнуть до 70% от первоначальной» [31].

«Известно, что минеральные масла, а в том числе отработанные, приводят к изменению прочностных характеристик тяжелого бетона. При продолжительной эксплуатации прочность бетона снижается до 1/3 от первоначальной. Снижение физико-механических характеристик под влиянием минеральных масел объясняется следующим: минеральные масла

(нефтепродукты) представляют собой смесь метановых, нафтеновых, ароматических соединений. При глубокой очистке минерального масла происходит полное удаление смол. Таким образом, получается переочищенное вазелиновое масло. Снижение прочности происходит за счет расклинивающего действия поверхностно-активных смол или присадок, которые содержатся в минеральных маслах» [14,16].

«Данный факт был подтвержден тем, что бетонные образцы-кубы, помещенные в масло не имеющие в составе смол и присадок, не снижают своей первоначальной прочности» [33]. В литературных источниках снижение прочности бетона называют «эффектом расклинивания», поскольку молекулы ПАВ, адсорбируясь на микродефектах пористого материала, стремятся проникнуть в них, оказывая давление и тем самым снижая прочность материала. Также доказано, что при замачивании бетона в минеральном масле отсутствует способность гидратировать клинкер из цементного камня, в результате чего промасленный бетон не может набирать прочность со временем [9,11].

Выводы: в первой главе был проведен обзор научной и учебной литературы по теме исследования. При анализе исследования было выявлено:

- анализ технической литературы показал, что промасливание бетона, способно привести к существенному изменению прочности деформативных и других свойств бетона;
- все исследования производились только с маслами, которые используются в современных производственных условиях.

Недостаточно изучен вопрос о нарушении сцепления пропитанного маслом бетона.

2 Определение прочности бетона

2.1 Технология определения прочности бетона по контрольным образцам-кубам

Область применения:

«Технология определения прочности бетона по контрольным образцам, в соответствии с ГОСТ 25192-2012 [1], относится ко всем видам бетонов, которые используются в различных отраслях строительства. Данная технология не применяется при испытании ячеистого и других крупнопористых бетонов, а также специальных видов бетона. Для таких испытаний предусматриваются другие стандарты» [2].

Суть метода по определению прочности бетона заключается в следующем:

Определить максимальную прочность бетонных контрольных образцов – кубов разрушающими методами с постоянной скоростью нарастания нагрузки, и последующем вычислении напряжений [18].

Определяется прочность бетона в данном случае разрушающими методами контроля при помощи лабораторного пресса.

Разрушение контрольных образцов происходит под воздействием пресса, который производит сжатие бетонного куба, за счет увеличения нагрузки до момента полного разрушения испытуемого объекта (куба, керна и т.д.).

Контрольные образцы – кубы для проведения испытаний были произведены на двух разных заводах изготовителях. Поскольку предприятия изготовители эталонных образцов не предоставили данные о составе бетонной смеси, то следует полагать, что образцы изготовлены в соответствии с ГОСТ 25192-2012 [1].

2.1.1 Подбор материалов

«После того как образцы изготовят, их хранят в специальных формах, покрытых влажным материалом, для предотвращения испарения влаги, при температуре воздуха не менее +20°C, для их дальнейшего затвердевания [27].

Для дальнейшего определения прочностных характеристик (прочность на сжатие) с образцов снимается опалубка, но не раньше, чем через сутки и не позже 3 суток.

После снятия опалубки с контрольных образцов их располагают в камере с температурой +20°C и влажностью воздуха 95%. Образцы укладываются в камеру на подкладки таким образом, чтобы расстояние между ними, а также между образцами и стенками камеры было не менее 5 мм. Образцы, находящиеся в камере нормального твердения, не должны иметь контакта с водой. Образцы допускается хранить под слоем влажным опилок, песка либо других материалов, способных поглощать влагу.

Образцы, которые предназначены для твердения в условиях тепловой обработки, помещаются в формах в тепловой агрегат (пропарочную камеру, автоклав) и твердеть вместе с конструкциями (изделиями) или отдельно по принятому на производстве режиму [2].

На рисунке 1 изображены образцы бетона, которые хранятся в камере нормального твердения и влажного хранения при нормальных условиях по ГОСТ 10180-2012» [3].



Рисунок – 5 Камера нормального твердения и влажного хранения

Перед подготовкой образцов к испытаниям, в помещении, где они будут проводиться, следует поддерживать температуру 20°C и относительную влажность воздуха не менее 55%.

2.1.2 Подготовка контрольных образцов к испытанию

Непосредственно перед проведением испытания контрольные образцы проходят визуальный осмотр, на предмет установления наличия дефектов. Дефекты могут быть в виде трещин, сколов ребер, раковин и каких-либо инородных включений. Образцы, которые имеют трещины, сколы ребер глубиной более 10 мм, раковины размером более 10 мм и глубиной более 5 мм, а также следы расслоения и недоуплотнения бетонной смеси, испытанию не подлежат. Наплывы бетона на ребрах опорных поверхностей образцов должны быть удалены абразивным камнем [2].

После того как образцы были получены с двух различных предприятий изготовителей, они поступили в дорожно-строительную лабораторию АБЗ №1, для проведения испытаний.

Основные функции строительной лаборатории:

В сферу деятельности строительной лаборатории входит: контроль над качеством строительно-монтажных работ и применяемых стройматериалов, определение соответствия их стандартам и техническим условиям, подбор и испытание составов растворов, водо-морозоустойчивых бетонов.

Непосредственно перед испытанием образцов на прочность на сжатие их взвешивают на лабораторных весах и измеряют линейные размеры с погрешностью не более 1 %, как при испытании образцов в лабораторных условиях, так и на производстве.

На рисунке 6 изображено взвешивание образцов.



Рисунок 6 – Взвешивание на лабораторных весах

Для того чтобы поверхность образцов была ровной применяют шлифование или нанесение слоя быстротвердеющего материала. Перед испытанием образцы взвешивают для определения их средней плотности по ГОСТ 12730.1-2020 [3].

После взвешивания определяется средняя плотность каждого контрольного образца.

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ кг/м}^3$$

где m – масса куба, кг,

V – объем куба, м³

Значения будут занесены в журнал испытаний.

Образцы будут испытаны на лабораторном прессе модели Cyber-Plus Evolution C109N. Основные характеристики пресса приведены в таблице 1.

Таблица 4 Основные характеристики пресса

Характеристика	Значение
Предел нагружения, кН	3000
Вертикальный просвет между пластинами, мм	336
Размер нажимных пластин, мм	287x60
Максимальный ход поршня, мм	60
Класс точности	1
Параметры электропитания	230В/750Вт
Габариты (ДxШxВ), мм	750x520x1500
Масса, кг	1200

На рисунке 7 показана модель такого прессы.



Рисунок 7 - Полуавтоматический прессы модели Cyber-Plus Evolution C109N для испытания на сжатие бетонных образцов-кубов

Лабораторный прессы Cyber-Plus Evolution C109N является восьмиканальной системой силоизмерения, имеет цветной сенсорный монитор. На экране отображается результат испытаний в полуавтоматическом и автоматическом режиме.

Система Cyber-Plus Evolution производит обработку данных в соответствии со стандартом EN 12390 (методы испытаний бетона).

Matest Cyber-Plus Progress — это цифровой контроллер последнего поколения оборудования, предназначенный для испытаний материалов. Это двухплатный контроллер, который обеспечивает максимальную частоту дискретизации и управления, что позволяет проводить высокоточные испытания, например, при контроле смещения или деформации образцов из фибробетона.

2.2 Проведение испытания контрольных образцов

В качестве контрольных образцов были взяты по 12 кубов (с каждого предприятия), размером 100x100x100мм. Качество бетонной смеси для образцов, прочностные характеристики при производстве кубов оценивались по ГОСТ 18105 [4].

Контрольные образцы были изготовлены из бетонной смеси класса В25 (М350). Первая партия образцов была произведена на предприятии ЗАО ЖБК «Тольяттинское»; вторая партия на предприятии ООО «Завод КПД». Образцы выдерживались в камере нормального твердения в течение 28 суток. После набора проектной прочности каждая партия образцов была разделена на группы:

а) первая группа – контрольные образцы по 4 куба из тяжелого бетона, хранящиеся при нормальной температуре и влажности;

б) вторая группа – образцы кубы из тяжелого бетона, пропитанные минеральным маслом ТАД – 17 (трансмиссионное масло) в количестве 8 штук.

Исходя из вышеизложенного, а также для удобства обозначения каждому из образцов был присвоен шифр.

Например:

– I-6-1к, I-6-2к – контрольный образец, произведенный ЗАО ЖБК «Тольяттинское», в течении 6 месяцев твердения;

– I-12-1к, I-12-2к – контрольный образец, произведенный ЗАО ЖБК «Тольяттинское», в течении 12 месяцев твердения;

– II-6-1к, II-6-2к – контрольный образец, произведенный ООО «Завод КПД» в течении 6 месяцев твердения;

– II-12-1к, II-12-2к – контрольный образец, произведенный ООО «Завод КПД» в течении 12 месяцев твердения;

– I-6-1м, I-6-2м, I-6-3м, I-6-4м – образец, произведенный ЗАО ЖБК «Тольяттинское» и замоченный в трансмиссионном масле в течении 6 месяцев;

– I-12-1м, I-12-2м, I-12-3м, I-6-4м – образец, произведенный ЗАО ЖБК «Тольяттинское» и замоченный в трансмиссионном масле в течении 12 месяцев;

– II-6-1м, II-6-2м, II-6-3м, II-6-4м – образец, произведенный ООО «Завод КПД» и замоченный в трансмиссионном в течении 6 месяцев;

– II-12-1м, II-12-2м, II-6-3м, II-12-4м – образец, произведенный ООО «Завод КПД» и замоченный в трансмиссионном масле в течении 12 месяцев.

Испытание на прочность контрольных образцов проходит в два этапа:

– первый этап испытания был проведен через 6 месяцев,

– второй этап через 12 месяцев.

Процесс испытания эталонных образцов происходит следующим образом. В пресс устанавливается контрольный образец, затем он центрируется на площадке прессы, выставляется скорость нагрузки в 0,5 МПа/с. При этом разрушающая нагрузка должна быть в интервале от 20% до 80% от значения максимальной нагрузки, допускаемой выбранной шкалой. Нагружение образцов проводится непрерывно с постоянной скоростью нарастания нагрузки до момента его разрушения. При этом время нагружения образца до его разрушения должно быть не менее 30 с. [2].

На рисунке 8а, 8б показаны разрушенные контрольные образцы.



Рисунок 8а - Разрушенные контрольные образцы I-12-1к, I-12-2к



Рисунок 8б - Разрушенные контрольные образцы II-12-1к, II-12-2к

Полученные результаты после испытания контрольных образцов были отражены в журнале испытаний (Таблица 5).

Таблица 5 Журнал испытаний контрольных образцов

Дата испытаний контрольного образца	Маркировка образца	Нормируемые характеристики прочности	Характеристика образца			Результаты испытания		
			Масса, г	Размеры, см	Плотность, кг/м ³	Разрушающая нагрузка, кН	Прочность, приведенная к базовому размеру, МПа	Средняя прочность образцов, МПа
28.07. 2021 г.	I-6-1к	B25, W6, F150	2342	10x10x10	2342	377,9	35,9	35,94
	I-6-2к		2331		2331	378,7	35,97	
	II-6-1к		2198		2198	360,8	34,3	34,63
	II-6-2к		2251		2251	368,1	34,97	
28.01. 2022 г.	I-12-1к		2279		2279	423,1	40,2	39,4
	I-12-2к		2329		2329	406,3	38,6	
	II-12-1к		2225		2225	367,7	34,93	34,97
	II-12-2к		2212		2212	368,5	35,0	

2.3 Проведение исследований по выдерживанию образцов – кубов в масле

Параллельно с разрушением контрольных образцов кубов проходил процесс выдерживания образцов в минеральном масле, который также проходил в два этапа: в течении 6 и 12 месяцев соответственно [19,23].

На рисунке 9 – представлена подготовка бетонных образцов к замачиванию в минеральном масле ТАД – 17 (трансмиссионное масло).



Рисунок 9 - Подготовка бетонных образцов к замачиванию в минеральном масле ТАД – 17 (трансмиссионное масло)

Бетонные образцы выдерживаются в минеральном масле при комнатной температуре от 16 до 24 °С в открытой ванне на протяжении 6 месяцев [17].

На рисунке 10 изображен процесс замачивания бетонных образцов в масле ТАД-17.



Рисунок 10 - Процесс замачивания бетонных образцов в минеральном масле ТАД – 17 (трансмиссионное масло)

На первом этапе бетонные образцы выдерживаются в минеральном масле в течение шести месяцев. На втором этапе образцы выдерживаются в масле в течении 12 месяцев [20].

На рисунках 11а и 11б показаны кубы, пропитанные маслом.



Рисунок 11а – Образцы кубов I-12 -1м – 4м



Рисунок 11б - Образцы кубов II-12-1м-4м

По истечении данного срока будет произведено извлечение образцов из минерального масла и далее они будут испытаны на сжатие в лаборатории АБЗ№1 на полуавтоматическом прессе Cyber-Plus Evolution C109N [22,23].

2.4 Проведение испытаний образцов, замоченных в трансмиссионном масле

Образцы, извлеченные из трансмиссионного масла, также, как и контрольные образцы подвергаются испытанию на сжатие [21].

На рисунках 12а и 12б изображены образцы бетона, пропитанные маслом после разрушения.



Рисунок 12а - Образцы кубов I-6-1м



Рисунок 12б - Образцы кубов II-6-1м

На втором этапе образцы кубов бетона находятся в масле на протяжении 12 месяцев, по прошествии которых образцы будут извлечены и далее будут подвержены испытаниям на сжатие под прессом [25].

На рисунках 13а и 13б изображены образцы бетона, пропитанные маслом после разрушения.



Рисунок 13а - Разрушенный образец I-12-1м



Рисунок 13б - Разрушенный образец II-12-1м

Полученные результаты после испытания образцов, выдержанных в трансмиссионном масле, были отражены в журнале испытаний (Таблица 6).

Таблица 6 Журнал испытаний контрольных образцов, выдержанных в минеральном масле

Дата испытаний контрольного образца	Маркировка образца	Нормируемые характеристики прочности	Характеристика образца			Результаты испытания		
			Масса, г	Размеры, см	Плотность, кг/м ³	Разрушающая нагрузка, кН	Прочность по данным пресса, МПа	Средняя прочность образцов, МПа
28.07. 2021 г.	I-6-1м	В25, W6, F150	2426	10x10x10	2426	347,6	34,76	34,06
	I-6-2м		2430		2430	345,5	34,55	
	I-6-3м		2468		2468	332,5	33,25	
	I-6-4м		2432		2432	346,9	34,69	
28.01. 2022 г.	I-12-1м		2433		2433	321,2	32,12	31,9
	I-12-2м		2476		2476	298,1	29,81	
	I-12-3м		2406		2406	327,8	32,78	
	I-12-4м		2405		2405	328,7	32,87	

Продолжение таблицы 6

Дата испытаний контрольного образца	Маркировка образца	Нормируемые характеристики прочности	Характеристика образца			Результаты испытания		
			Масса, г	Размеры, см	Плотность, кг/м ³	Разрушающ ая нагрузка, кН	Прочность по данным пресса, МПа	Средняя прочность образцов, МПа
28.07. 2021 г.	II-6-1M	B25, W6, F150	2276	10x10x10	2276	326,5	32,65	32,38
	II-6-2M		2310		2310	326,3	32,63	
	II-6-3M		2323		2323	324,2	32,42	
	II-6-4M		2281		2281	318,5	31,85	
28.01. 2022 г.	II-12-1M		2322		2322	320,2	32,02	31,88
	II-12-2M		2318		2318	321,2	32,12	
	II-12-3M		2305		2305	318,8	31,88	
	II-12-4M		2353		2353	315,1	31,51	

Выводы: при выполнении задания по подготовке 2 главы диссертации была описана технология определения прочности бетона контрольных образцов, процесс хранения, твердения и подготовка их к испытанию на прочность. Также параллельно было проведено исследование образцов, выдержанных в трансмиссионном масле, с их последующим разрушением.

Для проведения задания применялся весь функционал строительной лаборатории с применением специального оборудования, такого как лабораторные весы, полуавтоматический пресс, а также специальная камера нормального твердения и влажного хранения.

Полученные данные по разрушению контрольных образцов, а также данные по разрушению промасленных образцов были сведены в журнал испытаний. Их обработка позволит получить функцию отклика – зависимости фактической прочности бетона при влиянии минерального масла.

3 Обработка и оценка результатов испытаний образцов

3.1 Определение прочности бетона контрольных образцов

По истечении 6 месяцев был проведен первый этап испытаний контрольных образцов бетона на прочность. Количество контрольных образцов – 4 штуки (I-6-1к, I-6-2к; II-6-1к, II-6-2к). Контрольные образцы из каждой партии были испытаны на прочность. Испытания обеих партий образцов были проведены в дорожно-строительной лаборатории АБЗ №1 с помощью лабораторного прессы модели Cyber-Plus Evolution C109N.

Следует отметить, что лабораторию АБЗ №1 контрольные образцы поступили с прочностью, соответствующей классу (марке) бетона в возрасте 28 суток.

По данным завода изготовителя ЗАО ЖБК «Тольяттинское» прочность составляет 35 МПа. По данным ООО «Завод КПД» 32,7 МПа.

По результатам испытаний каждого образца была определена прочность бетона на сжатие.

Расчет на прочность бетона на сжатие контрольных образцов проводился в соответствии с требованиями [1]. Прочность на сжатие вычислялась по формуле:

$$R = \alpha \frac{F}{A}, \quad (1)$$

где F – разрушающая нагрузка, Н;

A – площадь рабочего сечения образца, мм²;

α – масштабные коэффициент для приведения прочности бетона к прочности бетона в образцах базовых размера и формы, принимают в соответствии с таблицей 4 [1]. Коэффициент α принимается равным 0,95.

Значения разрушающей нагрузки F были взяты с данных лабораторного пресса, площадь рабочего сечения принималась равной 10000 мм². Через 12 месяцев был проведен второй этап испытаний контрольных образцов на прочность. По результатам испытаний каждого образца также, как и после первого этапа была определена прочность бетона на сжатие.

На рисунке 14 показаны результаты после испытаний образца I-12-1к.

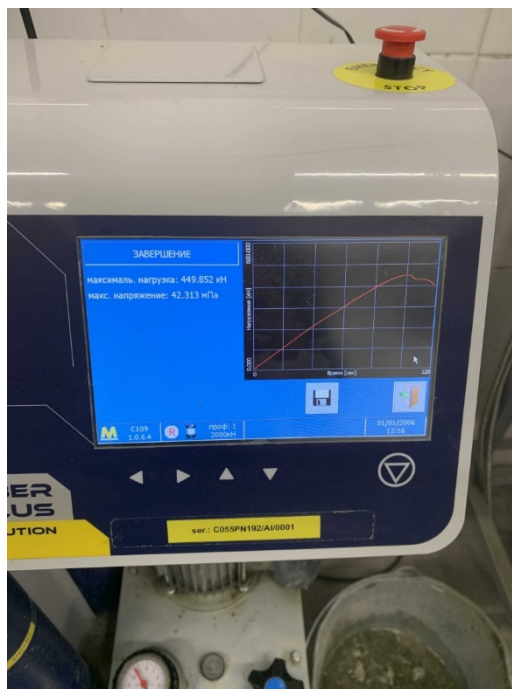


Рисунок 14 - Результат испытаний образца I-12-1к

Полученные значения после двух этапов испытаний были сведены в таблицу 7.

Таблица 7 – Результаты расчета испытаний контрольных образцов на прочность

Наименование предприятия	Номер образца	R, прочность бетона (данные с прессы), МПа	R, прочность бетона (по формуле), МПа
ЗАО ЖБК «Гольяттинское»	Образец I-6-1к	37,79	35,9
	Образец I-6-2к	37,87	35,97
		$R_{cp}=37,83$	$R_{cp}=35,94$
	Образец I-12-1к	42,31	40,2
	Образец I-12-2к	40,63	38,6
		$R_{cp}=41,47$	$R_{cp}=39,4$
ООО «Завод КПД»	Образец II-6-1к	36,08	34,3
	Образец II-6-2к	36,81	34,97
		$R_{cp}=36,45$	$R_{cp}=34,63$
	Образец II-12-	36,77	34,93
	Образец II-12-	36,85	35,00
		$R_{cp}=36,81$	$R_{cp}=34,97$

Увеличение прочности контрольных образцов кубов после двух этапов испытаний можно изобразить при помощи графиков (рисунок 15, рисунок 16)

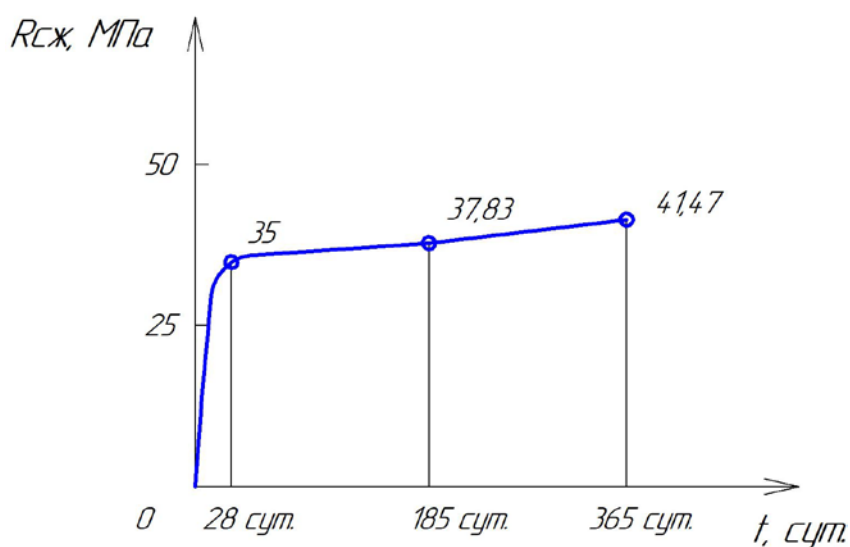


Рисунок 15 – Кривая увеличения прочности бетона на сжатие от времени твердения предприятия ЗАО ЖБК «Гольяттинское»

На рисунке 16 изображена кривая увеличения прочности бетона на сжатие от времени твердения предприятия (ООО «Завод КПД»).

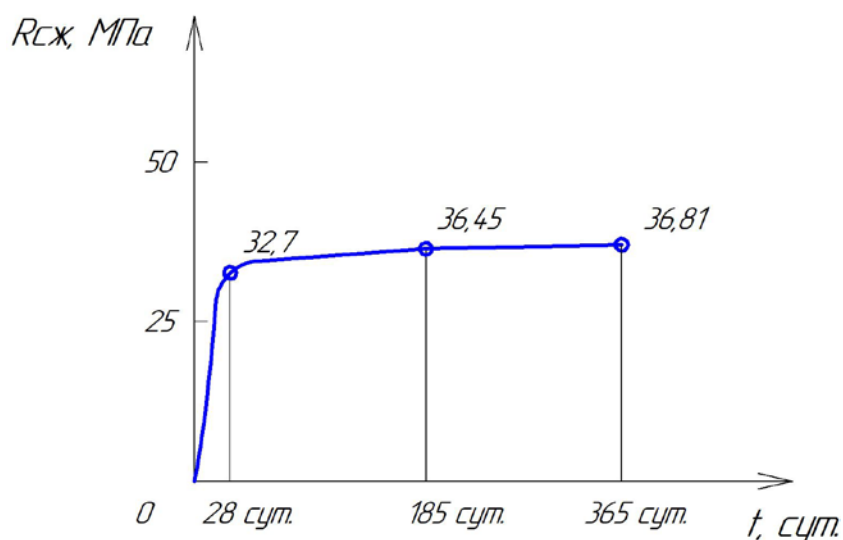


Рисунок 16 – Кривая увеличения прочности бетона на сжатие от времени твердения предприятия ООО «Завод КПД»

На графиках можно увидеть, что со временем происходит увеличение прочности и у партии образцов ЗАО ЖБК «Тольяттинское», и у образцов ООО «Завод КПД».

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о том, что прочность бетона как за 6, так и за 12 месяцев у образцов ЗАО ЖБК «Тольяттинское» увеличилась по сравнению с начальной. Увеличение можно вычислить в процентном отношении, за 6 месяцев:

$$\frac{(B - A)}{A} * 100 = \frac{(37,83 - 35)}{35} * 100 = 8,1\%$$

За 12 месяцев:

$$\frac{(B - A)}{A} * 100 = \frac{(41,47 - 35)}{35} * 100 = 18,49\%$$

У образцов ООО «Завод КПД» произошло увеличение прочности после первого и второго этапов испытаний по сравнению с начальной прочностью, за 6 месяцев:

$$\frac{(B - A)}{A} * 100 = \frac{(36,45 - 32,7)}{32,7} * 100 = 11,47\%$$

За 12 месяцев:

$$\frac{(B - A)}{A} * 100 = \frac{(36,81 - 32,7)}{32,7} * 100 = 12,57\%$$

Анализируя вышеизложенную информацию (результаты графиков, процентное соотношение) можно сказать о том, что прочность бетона с течением времени увеличивается.

3.2 Определение прочности бетона образцов, выдержанных в трансмиссионном масле

Наряду с испытаниями контрольных образцов, образцы кубов бетона, выдержанных в трансмиссионном масле, были испытаны на прочность. Испытание обеих партий также проходило в два этапа.

Первый этап испытаний образцов бетона на прочность, выдержанных в трансмиссионном масле, был проведен через 6 месяцев, второй этап через 12 месяцев.

Поверочный расчет на прочность бетона на сжатие образцов, выдержанных в масле, проводился в соответствии с требованиями [2].

Прочность на сжатие образцов вычислялась как по формулам, так и по данным лабораторных испытаний.

Прочность на сжатие по формуле:

$$R_6^M = R_6 \left(1 - \frac{2t}{21}\right), \quad (2)$$

где R_6 - прочность бетона до его пропитки, МПа;

t – время воздействия минерального масла на бетон, годы;

Прочность бетона до его пропитки – 35 МПа для первой партии образцов, 32,7 МПа – для второй партии.

Прочность бетона на сжатие образцов I-6-1м – I-6-4м:

$$R_6^1 = R_6 \left(1 - \frac{2t}{21}\right) = 35 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 0,5}{21}\right) = 33,33 \text{ МПа}$$

Прочность бетона на сжатие образцов II-6-1м – II-6-4м

$$R_6^2 = R_6 \left(1 - \frac{2t}{21}\right) = 32,7 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 0,5}{21}\right) = 31,14 \text{ МПа}$$

Прочность бетона на сжатие образцов I-12-1м – I-12-4м:

$$R_6^1 = R_6 \left(1 - \frac{2t}{21}\right) = 35 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 1}{21}\right) = 31,67 \text{ МПа}$$

Прочность бетона на сжатие образцов II-12-1м – II-12-4м:

$$R_6^2 = R_6 \left(1 - \frac{2t}{21}\right) = 32,7 \cdot \left(1 - \frac{2 \cdot 1}{21}\right) = 29,59 \text{ МПа}$$

Для более точного определения прочности пропитанного трансмиссионным маслом бетона использовались данные с лабораторного пресса.

На рисунке 17 показаны данные с лабораторного пресса образца I-6-3м

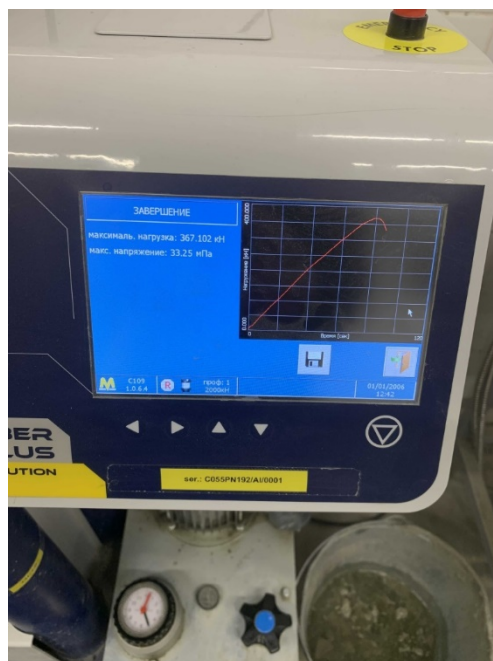


Рисунок 17 - Результат испытаний образца I-6-3м

На рисунке 18 показаны данные с лабораторного пресса образца II-6-3м

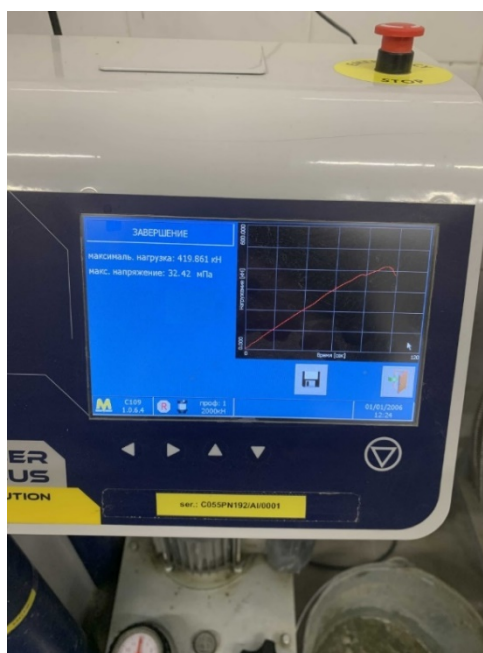


Рисунок 18 - Результат испытаний образца II-6-3м

Полученные лабораторные данные по результатам расчета были сведены в таблицу 8.

Таблица 8 – Результаты расчета испытаний контрольных образцов на прочность

Наименование предприятия	Номер образца	R, прочность бетона при сжатии, МПа	
		По данным лаборатории	По данным расчета
ЗАО ЖБК «Тольяттинское»	Образец I-6-1м	34,76	33,33
	Образец I-6-2м	34,55	
	Образец I-6-3м	33,25	
	Образец I-6-4м	34,69	
		$R_{cp}=34,06$	
	Образец I-12-1м	32,12	31,67
	Образец I-12-2м	29,81	
	Образец I-12-3м	32,78	
	Образец I-12-4м	32,87	
		$R_{cp}=31,9$	
ООО «Завод КПД»	Образец II-6-1м	32,65	31,14
	Образец II-6-2м	32,63	
	Образец II-6-3м	32,42	
	Образец II-6-4м	31,85	
		$R_{cp}=32,38$	
	Образец II-12-1м	32,02	29,59
	Образец II-12-2м	32,12	
	Образец II-12-3м	31,88	
	Образец II-12-4м	31,51	
		$R_{cp}=31,88$	

По результатам лабораторных данных после 1-го и 2-го этапов испытаний можно сделать вывод о том, что прочность образцов, пропитанных трансмиссионным маслом, уменьшилась по сравнению с изначальной.

У образцов ЗАО «ЖБК Тольяттинское» прочность уменьшилась за 6 месяцев:

$$\frac{(A - B)}{A} * 100 = \frac{(35 - 34.06)}{35} * 100 = 2,68\%$$

За 12 месяцев:

$$\frac{(A - B)}{A} * 100 = \frac{(35 - 31.9)}{35} * 100 = 8,85\%$$

У образцов ООО «КПД» прочность уменьшилась за 6 месяцев:

$$\frac{(A - B)}{A} * 100 = \frac{(32,7 - 32,38)}{32,7} * 100 = 0,97\%$$

За 12 месяцев:

$$\frac{(A - B)}{A} * 100 = \frac{(32,7 - 31.88)}{32,7} * 100 = 2,5\%$$

При сравнении данных по расчету прочности на сжатие, полученных при помощи формул и по лабораторным данным можно сказать о том, что разница между значениями предела прочности на сжатие $R_{сж}$ составляет у первой партии образцов, за 6 месяцев:

$$\frac{(A - B)}{B} * 100 = \frac{(34,06 - 33,33)}{33,33} * 100 = 2,2\%$$

За 12 месяцев:

$$\frac{(A - B)}{A} * 100 = \frac{(31,9 - 31.67)}{31,67} * 100 = 0,7\%$$

У второй партии образцов за 6 месяцев:

$$\frac{(A - B)}{A} * 100 = \frac{(32,38 - 31,14)}{31,14} * 100 = 3,98\%$$

За 12 месяцев:

$$\frac{(A - B)}{A} * 100 = \frac{(31,88 - 29,59)}{29,59} * 100 = 7,7\%$$

Анализируя полученную разницу в процентном соотношении можно сказать, что погрешность между расчетными данными и лабораторными данными составляет от 0,7 до 7,7%. Согласно [2] данные полученные при помощи формул считают приближенными с погрешностью $\pm 20\%$. На данном примере можно опровергнуть это утверждение. Поэтому для расчета прочности бетона на сжатие возможно применение формул наряду с лабораторными данными.

3.2.1 Анализ полученных результатов

Результаты расчета прочности бетона на сжатие образцов I-6-1м – I-6-4м и образцов I-12-1м – I-12-4м, полученные при помощи лабораторных данных после первого и второго этапов испытаний можно изобразить при помощи графика (рисунок 19).

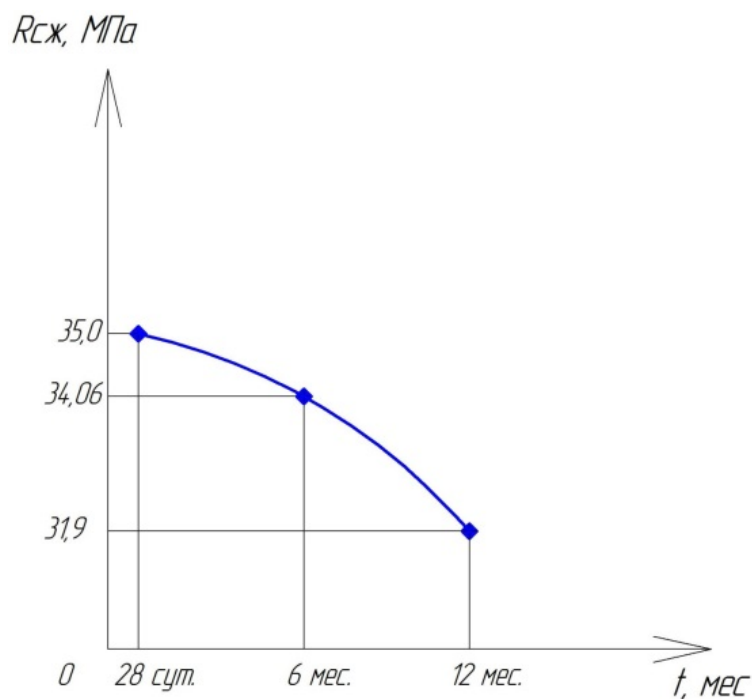


Рисунок 19 – Предел прочности на сжатие первой партии образцов

График кривой изображает функциональную зависимость предела прочности пропитанных трансмиссионным маслом образцов от времени их выдерживания. То есть, чем дольше образец выдерживается в трансмиссионном масле, тем его прочность становится меньше.

На рисунке 19 показано изменение прочности первой партии образцов. Глядя на график можно увидеть, что прочность бетона от воздействия масла с 35 МПа уменьшилась до 31,9 МПа.

Результаты расчета прочности бетона на сжатие образцов П-6-1м – П-6-4м и образцов П-12-1м – П-12-4м, после 6 и 12 месяцев испытаний показаны на графике (рисунок 20).

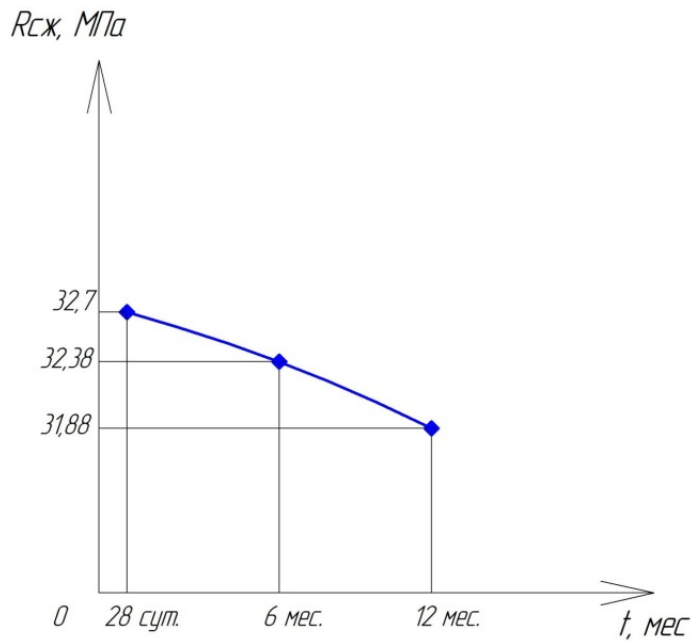


Рисунок 20 – Предел прочности на сжатие второй партии образцов

По данным графиков можно сделать вывод о том, что прочность бетона на сжатие образцов второй партии образцов уменьшилась по сравнению с требуемой прочностью бетона, соответствующей возрасту бетона 28 сут. В числовом выражении прочность бетона с 32,7 МПа снизилась до 31,88 МПа.

Исходя из результатов проведенных испытаний, можно сделать вывод, что влияние трансмиссионного масла на структурную прочность бетона оказывает негативное влияние, что влечет за собой уменьшение прочности [26].

3.3 Определение разницы прочности бетона контрольных образцов и образцов, выдержанных в трансмиссионном масле

Разницу результатов испытаний на прочность бетона контрольных образцов и промасленного бетона образцов предприятия ЗАО ЖБК «Тольяттинское» можно изобразить при помощи графика (рисунок 21).

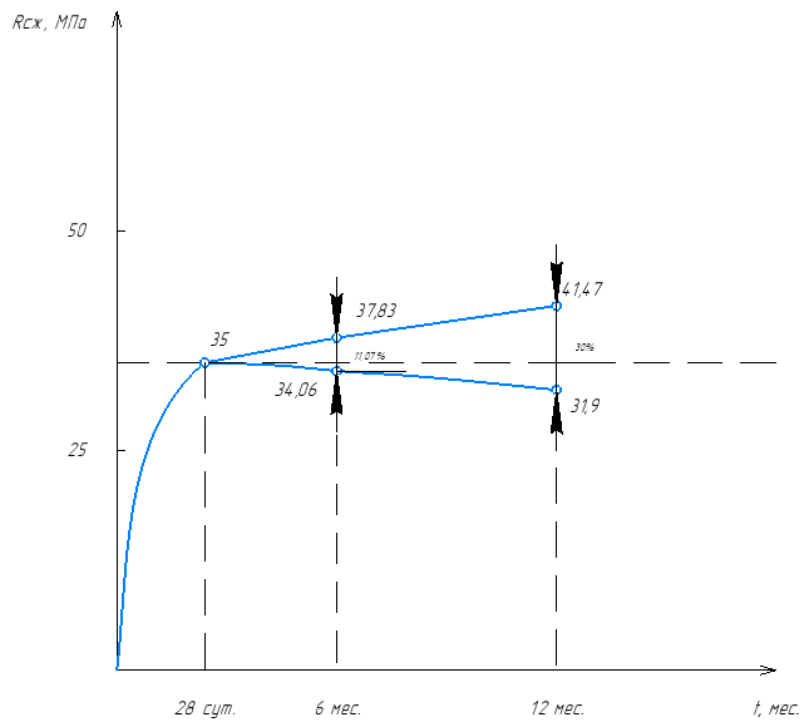


Рисунок 21 – Разница прочности контрольных образцов и промасленного бетона предприятия ЗАО ЖБК «Тольяттинское»

Сравнивая данные, полученные в ходе испытаний, можно выявить разницу между показателями прочности партий образцов предприятия ЗАО ЖБК «Тольяттинское». Так, разница показателей предела прочности на сжатие $R_{сж}$ через 6 месяцев составляет:

$$\frac{(A - B)}{B} * 100 = \frac{(37,83 - 34,06)}{34,06} * 100 = 11,07\%$$

Через 12 месяцев:

$$\frac{(A - B)}{B} * 100 = \frac{(41,47 - 31,09)}{31,09} * 100 = 30\%$$

Разница показателей прочности контрольных и промасленных образцов бетона ЗАО ЖБК «Гольяттинское» с течением времени стремительно увеличивается – через 6 месяцев 11,07%, через 12 месяцев 30%.

Разницу результатов испытаний на прочность бетона контрольных образцов и промасленного бетона образцов предприятия ООО «Завод КПД» можно изобразить при помощи графика (рисунок 22).

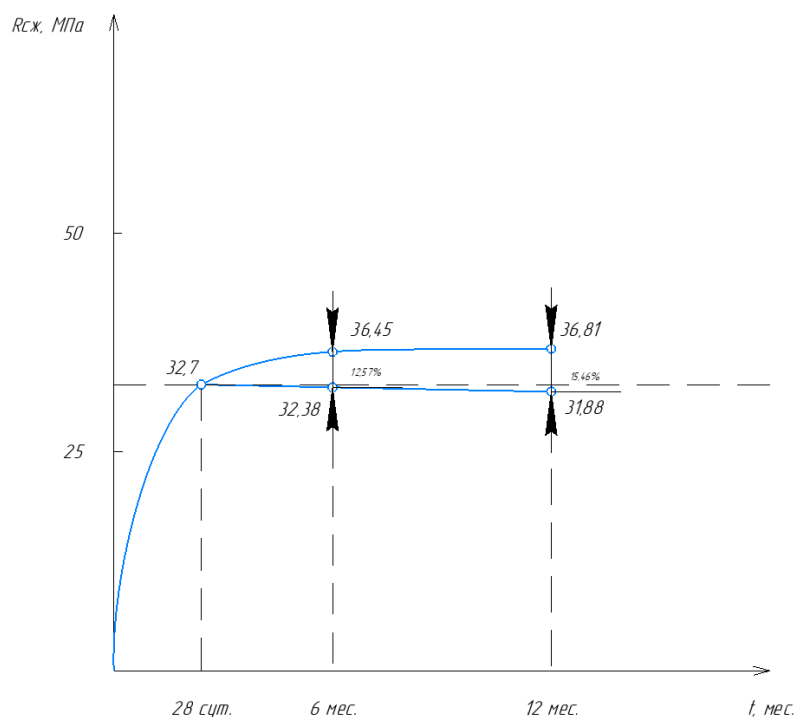


Рисунок 22 – Разница прочности контрольных образцов и промасленного бетона предприятия ООО «Завод КПД»

Сравнивая данные, полученные в ходе испытаний, можно выявить разницу между показателями прочности партий образцов предприятия ООО «Завод КПД». Так, разница показателей предела прочности на сжатие $R_{сж}$ через 6 месяцев составляет:

$$\frac{(A - B)}{B} * 100 = \frac{(36,45 - 32,38)}{32,38} * 100 = 12,57\%$$

Через 12 месяцев:

$$\frac{(A - B)}{B} * 100 = \frac{(36,81 - 31,88)}{31,88} * 100 = 15,46\%$$

Разница показателей прочности контрольных и промасленных образцов бетона ООО «Завод КПД» с течением времени изменилась незначительно – через 6 месяцев 12,57%, через 12 месяцев 15,46%.

Анализируя полученные данные, можно увидеть, что с течением времени у бетона ЗАО ЖБК «Тольяттинское» разница в прочности контрольных и промасленных в масле образцов стремительно увеличивается, в то время как у ООО «Завод КПД» показатели практически не изменились спустя 12 месяцев.

Выводы: была определена прочность бетона на сжатие контрольных образцов двух партий после двух этапов испытаний. Была определена прочность бетона на сжатие образцов, выдержанных в трансмиссионном масле обеих партий образцов после 6 и 12 месяцев испытаний.

На основании результатов расчета был сделан вывод о том, что прочность бетона на сжатие у образцов ЗАО «ЖБК Тольяттинское» на первом этапе испытаний уменьшилась на 2,68%, на втором этапе испытаний на 8,85%.

Прочность на сжатие у образцов ООО «КПД» после первого этапа испытаний уменьшилась на 0,97%, после второго этапа на 2,5%. Полученные данные свидетельствуют о том, что прочность бетона под воздействием минерального масла уменьшается.

Чем дольше образец находится под воздействием трансмиссионного масла, тем его прочность будет меньше по сравнению с проектной прочностью.

Заключение

По итогам работы можно сделать следующие выводы:

- с течением времени прочность бетона увеличивается, связано это с продолжающимся процессом гидратации цементного камня;
- в условиях эксперимента установлено, что прочность бетона ЗАО ЖБК «Тольяттинское» и ООО «Завод КПД» увеличилась через 6 месяцев на 8,1% и 11,47% соответственно, а через 12 месяцев на 18,49% и 12,57% соответственно;
- проведение испытаний на прочность контрольных образцов-кубов после выдерживания в минеральном масле ТАД – 17 (трансмиссионное масло) показало, что прочность уменьшается в зависимости от времени;
- образцы ЗАО ЖБК «Тольяттинское» через 6 месяцев промасливания потеряли 2,68% прочности, после 12 месяцев – 8,85% прочности;
- образцы ООО «Завод КПД» потеряли в прочности 0,97% через 6 месяцев промасливания и 2,5% через 12 месяцев;
- погрешность между расчетными данными и лабораторными данными составляет от 0,7 до 7,7%, на основе проведенных испытаний, был сделан вывод, что для расчета прочности бетона на сжатие возможно применение формул наряду с лабораторными данными;
- разница показателей прочности контрольных и промасленных образцов бетона ЗАО ЖБК «Тольяттинское» с течением времени стремительно увеличивается – через 6 месяцев 11,07%, через 12 месяцев 30%;
- разница показателей прочности контрольных и промасленных образцов бетона ООО «Завод КПД» с течением времени изменилась незначительно – через 6 месяцев 12,57%, через 12 месяцев 15,46%.

Список используемой литературы

1. ГОСТ 26633-2015. Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. Введ. 2016-09-01. – М. : Стандартинформ, 2019. – 6 с.
2. ГОСТ 26633-2012 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия. Введ. 2014-01-01. - М.: Стандартинформ, 2014.
3. ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. Введ. 2013-07-01. - М.: Стандартинформ, 2014.
4. ГОСТ 18105-2018 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности. Введ. 2020-01-01. – М.: Стандартинформ, 2020.
5. ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия (С Изменениями N 1, 2). Введ. 1987-01-01. М.: Стандартинформ, 2008.
6. ГОСТ 28570-2019. Бетоны. Методы определения прочности по образцам, отобраным из конструкций. Введ. 2019-09-01. М.: Стандартинформ, 2019.
7. ГОСТ 6139-2003 Песок для испытаний цемента. Технические условия. Введ. 2004-09-01. М.: Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2004.
8. Официальный сайт компании ООО «АТОМКОМПОЗИТ» [Электронный ресурс], – URL: <http://atomcomposit.ru/documents/stati/75-vliyanie-nefteproduktov-na-prochnost-betona.html> (дата обращения: 08.01.2021).
9. Саламатина Ю.Ф. Влияние автомобильных масел на железобетонные конструкции. //сборник статей Самарский государственный технический университет/ 2017. С.123-127.
10. Баженов Ю.М. Технология бетона: Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2003. – 10 с.
11. Свинцов А.П., Николенко Ю.В. Влияние нефтепродуктов на физико-механические свойства бетона и надежность несущих конструкций // вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура Т. 9, № 3, 2018.

12. Улыбин А.В. Изменение прочности промасленного бетона эксплуатируемых конструкций. / Материалы VII международной научно-практической конференции «Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения» [Электронный ресурс], – URL: http://www.ozis-venture.ru/files/publications/2017/Ulybin_A.V._THE_STRENGTH_CHANGES_OF_EXISTING_CONCRETE_STRUCTURES_AFTER_PETROLEUM_OILS_I_NFLUENCE.pdf.

13. Панин А.Н. Влияние пропитки машинным маслом на несущую способность конструктивных элементов железобетонного перекрытия. [Электронный ресурс], – URL: <https://in-regional.ru/ekspertnoe-mnenie/vliyanie-propitki-mashinnym-maslom-na-nesushchuyu-sposobnost-konstruktivnykh-elementov-zhelezobetonного-perekrytiya-exp.html>.

14. Юсупова Ю.Ф. Влияние минеральных масел на эксплуатационные качества железобетонных конструкций // Известия КазГАСУ. Строительные материалы и технологии, 2008.- №1 (9). -С.137-140.

15. Юсупова Ю.Ф. Защита железобетонных конструкций от действия нефтепродуктов. // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: материалы VII Международной научнотехнической интернет-конференции / ХНАГХ. – Харьков, 2006. – С. 103-107.

16. Юсупова Ю.Ф. Вопросы защиты железобетонных конструкций на предприятиях нефтехимии и нефтепереработки. // Актуальные вопросы строительства: материалыМеждунар. научн.-техн. конф. – Саранск: Из-во Мордов. ун-та, 2005. – С. 444-446.

17. Васильев Н.М. Влияние нефтепродуктов на прочность бетона. // Бетон и железобетон, 1981, №3. – С. 36-37.

18. Mitsui K., Kanemitsu T. Construction process analysis for structure by genetic algorithm//Proceedings of the 40 Anniversary Congress «Shell and Structures: From recent Past to the next Millennium». Madrid, 1999. Pp. 31-36.

19. Kępniaк M., Woyciechowski P. The Statistical Analysis of Relation between Compressive and Tensile/Flexural Strength of High-Performance Concrete. Published in Archives of Civil Engineerin. Poland, 2016.Pp. 95-107.

20. Воробьев А.А., Казаков А.С. Влияние воздействия нефтепродуктов на выносливость железобетонных конструкций // Конструкции из композитных материалов. - 2006.- №2.- С.69-74.

21. Штенгель В.Г., Пожиткова О.А. Особенности изменения прочности бетона элементов фундаментов длительно эксплуатирующихся турбоагрегатов // Обследование зданий и сооружений: проблемы и пути их решения/ Материалы V международной научно-практической конференции. 2014. С.5-13.

22. Васильев Н.М. Методы обследования конструкций, пропитанных нефтепродуктами. // Бетон и железобетон. – 1982. – №4. – С. 27-28.

23. Яковлева М.В., Юсупова Ю.Ф. Исследование структуры бетона, пропитанного органическими средами. // Башкирский химический журнал. – 2009. – №3. – С. 48-53.

24. Саратов А.Д. Физико-химические особенности соединимости бетона, подвергавшегося воздействию минеральных масел: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.05. – Харьков: ПРОМСТРОЙНИИПРОЕКТ. – 1987. – 174 с.

25. Савина Ю.А. Методика ускоренных испытаний цементов на коррозионную стойкость при воздействии жидких агрессивных сред // Коррозионностойкие бетоны и железобетонные конструкции. М.: НИИЖБ Госстроя СССР, 1981.С.139-143.

26. Experimental Analysis on Shrinkage and Swelling in Ordinary Concrete [Электронный ресурс] / Barbara Kucharczyková, Petr Daněk, Dalibor Kocáb, Petr Misák. – Электрон. журн. – Brno, Czech Republic: Hindawi, 2017. – Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2017/3027301/>, свободный. – Brno University of Technology.

27. Effects of Elevated Temperatures on Mechanical's concrete specimen behaviour [Электронный ресурс] / Nesrine Khodja, Hadda Haddjab. – Электрон. журн. – Algiers: MATEC Web Conf, 2018. – Режим доступа: https://www.mateconferences.org/articles/mateconf/abs/2018/24/mateconf_fatigue2018_22010/mateconf_fatigue2018_22010.html, свободный. – International Fatigue Congress.

28. Prediction of Compressive Strength of Concrete in Wet-Dry Environment by BP Artificial Neural Networks [Электронный ресурс] / Chengyao Liang, Chunxiang Qian, Huaicheng Chen, Wence Kang. – Электрон. журн. – China: Hindawi, 2018. – Режим доступа: <https://www.hindawi.com/journals/amse/2018/6204942/>, свободный. – Advances in Materials Science and Engineering.

29. ООО «Технотраст» [Электронный ресурс], – URL: <https://t-trust.ru/i/proizvodstvo-betona/osobennosti-i-metody-proizvodstva-betona>.

30. Справочник Автор24 [Электронный ресурс], – URL: https://spravochnick.ru/materialovedenie/svoystva_tyazhelogo_betona.

31. АТОМКОМПОЗИТ [Электронный ресурс], – URL: <https://atomcomposit.ru/documents/stati/75-vliyanie-nefteproduktov-na-prochnost-betona.html>.

32. Учебные материалы для студентов Studme.org [Электронный ресурс], – URL: https://studme.org/235859/tehnika/struktura_svoystva_tyazhelogo_betona.

33. Кузнецов П.П. Экспериментальная оценка влияния промасливания на прочность тяжелого бетона [Электронный ресурс], – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49131647> // StudNet. 2022. Т. 5. № 6. С. 104.