

15. Сви́дерский В. А. Ускорители схватывания цементных систем на основе азотсодержащих органических соединений / В. А. Сви́дерский, В. В. Токарчук, А. Ю. Флейшер, И. Н. Трус // Знание. – 2016. – № 4-1 (33). – С. 145–149.
16. Адамцевич А. О. Исследование влияния формиата кальция на процесс гидратации цемента с учетом фазового состава и температурного режима твердения / А. О. Адамцевич, А. П. Пустовгар, А. В. Еремин, С. А. Пашкевич // Строительные материалы. – 2013. – № 7. – С. 59–61.
17. Хузин А. Ф. Физико-механические свойства высокопрочного бетона, модифицированного комплексной добавкой / А. Ф. Хузин, Р. А. Ибрагимов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. – 2015. – № 4 (34). – С. 317–321.
18. Коровкин М. О. Влияние минеральных добавок на эффективность суперпластификаторов в самоуплотняющихся мелкозернистых бетонных смесях / М. О. Коровкин, Н. А. Ерошкина, А. А. Короткова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 3 (41). – С. 56–61.
19. Пшеничный Г. Н. Применение хлорида кальция в технологии бетона и железобетона / Г. Н. Пшеничный, Е. А. Арутюнов, Г. Ю. Чариков // Экологические, инженерно-экономические, правовые и управленческие аспекты развития строительства и транспортной инфраструктуры : сборник материалов Международной научно-практической конференции. – Краснодар : Кубанский государственный технологический университет, 2017. – С. 193–198.
20. Шаранова А. В. Исследование кинетики набора прочности мелкозернистых бетонных систем ускоренного твердения / А. В. Шаранова, М. А. Дмитриева, Д. А. Ленькова, А. Д. Панфилова, Э. Р. Беляускас, П. Д. Бабич // Новые материалы : сборник материалов Третьего междисциплинарного молодежного научного форума с международным участием. – Москва : ООО «Буки Веди», 2017. – С. 383–385.
21. Утегенов, Б. Б. Химическая обработка минеральных компонентов бетонной смеси / Б. Б. Утегенов, Р. И. Шаяхмедов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2024. – № 3 (49). – С. 11–18.
22. Семенова, О. О. Анализ влияния комплексных добавок ускоряюще-пластифицирующего действия на прочностные свойства и структуру тяжелого бетона / О. О. Семенова, А. И. Афанасьев, М. В. Акулова, В. С. Поляков // Информационная среда вуза. – 2015. – № 1 (22). – С. 159–164.
23. Акулова М. В.. Влияние добавок-регуляторов структурообразования на долговечность тяжелого бетона / М. В. Акулова, О. В. Селиверстова // Строительство и реконструкция. – 2016. – № 1 (63). – С. 73–77.
24. Улыбин А. В. Определение прочности бетона при обследовании зданий и сооружений / А. В. Улыбин, С. Д. Федотов, Д. С. Тарасова // Мир строительства и недвижимости. – 2012. – № 45. – С. 2–5.

© С. А. Логинова, М. В. Таничев, А. В. Калинин, И. Н. Гоглев

Ссылка для цитирования:

Логинова С. А., Таничев М. В., Калинин А. В., Гоглев И. Н. Исследование влияния комплексной нанодобавки на основе фтористых солей на прочностные характеристики цементных бетонов // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 4 (50). С. 28–33.

УДК 691.327.332
DOI 10.52684/2312-3702-2024-50-4-33-39

ИССЛЕДОВАНИЕ СУШКИ ВОДОНАСЫЩЕННОГО АВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА

А. А. Мухамедбаев

Мухамедбаев Абдугафур Абдувалиевич, доктор философии по техническим наукам, доцент кафедры «Технология строительных материалов и конструкций», Ташкентский архитектурно-строительный университет, г. Ташкент, Республика Узбекистан; e-mail: mabdugofira@gmail.com

В статье приводятся результаты исследования процессов сушки водонасыщенных автоклавных газобетонных блоков. Образцы, предназначенные для изучения, были предварительно погружены в водную среду на 24 ч, а после подвергались сушке при температуре 100 °С в лабораторной сушильной камере. Продолжительность сушки продолжалась до 11 ч. Средняя плотность газобетонных образцов варьировала в пределах 400–600 кг/м³. Самое максимальное удаление влаги из газобетона пришлось на первые часы процесса сушки. Первые три часа процесс имел прямолинейный характер. Дальнейшее торможение было связано с еще большей трудностью выведения влаги из внутренних слоев автоклавных газобетонных образцов. Динамика удаления влаги в различных образцах проходила по-разному, но при этом общая картина во всех случаях была схожей.

Ключевые слова: влажность, газобетон, сушка, температура, автоклав, лабораторная сушильная камера.

STUDY OF DRYING OF WATER-SATURATED AUTOCLAVED AERATED CONCRETE

A. A. Mukhamedbayev

Mukhamedbayev Abdugafur Abduvaliyevich, Doctor of Philosophy in Technical Sciences, Associate Professor of Technology of Building Materials and Structures Department, Tashkent University of Architecture and Civil-Engineering, Tashkent, Republic of Uzbekistan; e-mail: mabdugofira@gmail.com



The paper presents the results of the study of drying processes of water-saturated autoclaved aerated concrete blocks. The samples intended for the study were pre-immersed in a water medium for 24 hours, and afterwards were subjected to drying at 100 °C in a laboratory drying chamber. The drying duration lasted up to 11 hours. The average density of aerated concrete specimens ranged from 400–600 kg/m³. The maximum moisture removal from the aerated concrete occurs in the first hours of the drying process. For the first 3 hours the drying process has a rectilinear character. Further inhibition of the drying process is associated with even greater difficulty in removing moisture from the inner layers of autoclaved aerated concrete samples. The dynamics of moisture removal was different in different samples, but the overall pattern was similar in all cases.

Keywords: humidity, aerated concrete, drying, temperature, autoclave, laboratory drying chamber.

Введение

Тепловая сушка представляет собой процесс удаления влаги из твердых влажных материалов путем ее испарения и отвода образующихся паров [1]. Конвективная – осуществляется с помощью непосредственного соприкосновения сушильного агента (нагретого воздуха, топочных газов) с высушиваемым материалов. При сушке процесс передачи вещества из одной фазы в другую (испарение жидкости) сопровождается процессом теплопередачи, при этом температуры фаз не одинаковы.

Влажный материал может не только отдавать влагу путем ее испарения в окружающую среду, при определенных условиях может также ее поглощать. Для проведения сушки необходимо знать условия, при которых материал способен отдавать влагу.

Давление паров влаги у поверхности высушиваемого материала должно быть больше парциального давления водяного пара. При сушке в течение определенного времени влажность материала приближается к некоторому пределу. Когда это происходит, наступает равновесие в процессе обмена влагой между материалом и средой. Ее называют равновесной влажностью, при которой процесс сушки прекращается.

Равновесная влажность и, следовательно, протекание процесса сушки зависят от свойств высушиваемого материала, характера связи с ним влаги (механическая, физико-химическая и химическая) и параметров окружающей среды (температура, давление и влажность). При сушке происходит удаление механически связанной влаги с поверхности и из пор материала. Она наименее прочно связана с материалом и наиболее легко удаляется из него. Вся влага, удаляемая из материала в условиях тепловой сушки, называется свободной влагой.

При сушке меняется объем воздуха над влажным материалом и его абсолютная влажность, так как он отдает тепло, необходимое для испарения влаги, и охлаждается, поглощая влагу, испаренную из материала. Процесс сушки связан с нагреванием, охлаждением, увлажнением воздуха и со смешением его разных параметров. Разность температур воздуха и испаряющейся влаги характеризует способность воздуха испарять влагу, причем эта разность по мере испарения влаги уменьшается и становится равной нулю.

Различают два периода сушки [1]: постоянный и падающей скорости процесса. В течение первого периода влага испаряется со всей поверхности

влажного материала, скорость сушки постоянна и определяется лишь скоростью внешней диффузии. Во втором – скорость сушки определяется перемещением влаги изнутри материала к его поверхности (внутренней диффузией). В зависимости от толщины и структуры некоторых материалов испарение влаги с их поверхности в конце второго периода прекращается вовсе и происходит в глубине материала. Для различных материалов отдельные периоды сушки могут быть различны по времени или отсутствовать вовсе. Длительность сушки материала достаточно точно можно установить только опытным путем.

В сушильной технике влажные материалы принято разделять на три группы: капиллярно-пористые, коллоидные и коллоидные капиллярно-пористые [2, 3]. Капиллярно-пористые материалы при удалении из них влаги практически не деформируются, коллоидные – изменяют свои размеры при сушке, капиллярно-пористые коллоидные тела обладают промежуточными свойствами. При сушке влага из пористых материалов удаляется последовательно: сначала из крупных пор, а затем из более мелких.

В строительной отрасли применяются пористые материалы различного генезиса [4–8], в частности, ячеистые бетоны. Этому предшествует то, что ячеистые бетоны имеют ряд преимуществ в сравнении с традиционными тяжелыми. Большинство исследователей [9–11] в качестве плюсов отмечают их высокую пористость, низкую среднюю плотность, низкий коэффициент теплопроводности, высокие шумоизоляционные характеристики и т. д. Кроме того, нужно особо отметить водопоглощающие свойства материалов, имеющих пористую структуру. Среди строительных материалов с пористой структурой газобетоны автоклавного твердения имеют большую популярность и широкое применение в гражданском и промышленном строительстве.

Сушильный агент испаряет влагу из материала посредством тепла, которое он содержит, а пары испаренной влаги удаляет за счет своего физического объема [12]. В начале сушки из-за разности парциальных давлений водяных паров на поверхности изделия и в окружающей сушильной среде влага начинает испаряться с поверхности материала. Из-за перепада влагосодержания в нем появляется поток влаги от центра к периферии. Если пары внутри изделия не успевают удаляться, может иметь место его

разрыва от избыточного давления. Поэтому интенсивность сушки не должна превышать критических значений. Сушка прекращается, когда влагосодержание во всех блоках достигает значения их равновесия с окружающей средой.

Общеизвестно [13–15], что сушку материалов можно осуществлять различными способами в естественных и принудительных условиях посредством применения различных тепловых агентов.

Сушка пористых строительных материалов отличается длительностью процесса и для выбора оптимального режима работы оборудования довольно часто приходится сталкиваться с необходимостью определения времени сушки материала или изделия при определенных параметрах теплового агента.

В работе [16] представлен экспериментальный анализ влияния относительной влажности сушильного воздуха на процесс сушки пористых строительных материалов. Исследования проводились с применением стенда, который работал в замкнутом потоке и был оснащен следующими элементами: охладителем (конденсатором), вентилятором с переменной частотой вращения, дроссельной заслонкой, увлажнителем, нагревателем, системами управления и сбора. Во время экспериментов температура и скорость воздуха были равны 40 °С и 3 м/с соответственно. При этом его относительная влажность колебалась в диапазоне от 16 до 40 %. Образцы помещались в воздуховод, а верхняя поверхность подвергалась воздействию проточного воздуха. Изменения влажности и температуры в рассматриваемых строительных материалах измерялись с помощью системы из двух силометров и термопар соответственно. Относительная влажность сушильного воздуха существенно влияла на процесс сушки строительных материалов. Увеличение относительной влажности сушильного воздуха приводило к повышению продолжительности сушки и температуры насыщения в пористой среде, уменьшению скорости сушки. Моделирование 24-часового процесса сушки кирпича [17], первоначально насыщенного водой на 97 %, для двух температур сушильного воздуха, то есть 23,8 и 40 °С и относительной влажности в диапазоне от 10 до 50 %. Было определено относительное содержание влаги в конце моделирования и время, необходимое для его достижения со значением ниже 0,3. Не только температура, но и относительная влажность сушильного воздуха влияли на скорость в течение первого периода сушки, когда вода испарялась с поверхности образца. Температура сушильной среды была более важной, чем относительная влажность во время второго периода, когда вода испарялась внутри кирпича.

В ходе проведения другой из таких работ была осуществлена серия экспериментальных исследований по влиянию режима сушки [18]:

акусто-конвективного, термо-конвективного и естественного на динамику экстракции влаги из ячеистого газобетона. В режиме акусто-конвективной сушки частота и интенсивность рабочего потока влияют на динамику извлечения влаги из высушенных образцов. Полученные экспериментальные данные для термо-конвективной сушки имеют билинейное распределение. Оно описано двумя линейными кинетическими уравнениями, из которых получены характерные скорости протекающих процессов. Показано [19], что естественный процесс сушки проходит очень медленно, при этом существенное влияние на скорость оказывает температура и влажность окружающей среды. В рамках релаксационной модели показано, что для акусто-конвективного режима определенное время релаксации равно 18 мин. и практически не зависит от параметров осушающего потока. Для термо-конвективного режима определенное время релаксации составило 23 мин., а для естественной в зависимости от условий окружающей среды – 1,3 или 3,5 сут.

Процесс сушки многих материалов сопровождается размерными изменениями, которые вызывают трещины в структуре. Это явление особенно значимо в ячеистом бетоне из-за его высокой общей пористости и удельной поверхности пор. Факторы, влияющие на усадку ячеистого бетона при высыхании, значительно отличаются от факторов обычного бетона из-за наличия в составе последнего крупных заполнителей. Было отмечено [20], что увеличение соотношения извести и цемента, содержания летучей золы увеличивает усадку при высыхании. Значительное снижение усадки достигается при автоклавной обработке. Это позволяет предположить, что усадка при высыхании является преимущественно функцией физической структуры продукта гидратации.

Испытания показали [21], что скорость высыхания автоклавного газобетона зависит в первую очередь от его структуры и содержания влаги. Период высыхания образцов, пропитанных водой, был самым коротким для песчано-газобетона типа 600. Самый длительный период наблюдался для образцов газобетона типа 600, изготовленного из золы-уноса. Результаты проведенных анализов позволили выделить две фазы сушки автоклавного газобетона: первая – до 10 дней, когда происходит интенсивное снижение влажности массы, и вторая – от 10 до 40 дней, когда наблюдается медленное снижение влажности массы. На скорость высыхания газобетона влияет его структура. Исследования показали, что в случае газобетона с более крупными порами процесс высыхания происходит быстрее (25–30 дней), с более мелкими и неравномерными порами – протекает медленнее (31–39 дней).

Анализ современной научно-технической литературы показал различные подходы изучения процессов сушки газобетонов, а также факторы, влияющие на ее скорость протекания.

Целью наших исследований являлось изучение процессов сушки предварительно водонасыщенных газобетонных образцов автоклавного твердения с различной средней плотностью.

Методика проведения исследований

Кинетика сушки определяются обычно путем взвешивания образцов материала в начале сушки и через определенные промежутки времени. На основе полученных экспериментальных данных имеется возможность построения кривой сушки [1, 13]. Для проведения исследований были использованы газобетонные образцы автоклавного твердения предприятия

«Arton» (СП ООО «EAST MINING INVEST»), расположенные в г. Ахангаран (Республики Узбекистан) в виде кубов с размерами грани 7,5 см имеющие различную среднюю плотность (рис. 1). Они были предварительно высушены до постоянной массы и после погружены в воду на 24 ч для достижения водонасыщенного состояния. После образцы вынимались из воды, взвешивались на электронных технических весах и загружались в лабораторную сушильную камеру. В камерной сушилке воздушная циркуляция нагретого воздуха осуществлялась вентилятором внутри камеры. Сушка проводилась при температуре 100 °С, и через каждые 60 мин. взвешивалась масса образцов на электронных технических весах. Процесс продолжался до достижения постоянной массы.



Рис.-1. Фото образцов автоклавного газобетона

Результаты исследования и их обсуждение

С целью более хорошего понимания процесса конвективной сушки автоклавных газобетонных образцов с различной средней плотностью были построены графические зависимости сушки от ее продолжительности. Как оказалось, конвективная сушка автоклавных газобетонных образцов с водонасыщенного до постоянного сухого состояния требует значительное количество времени и в среднем оно составляет 9–11 ч. С увеличением продолжительности сушки все труднее и труднее становится испарение влаги из пористой структуры образцов. Из рисунка 2 видно, что первые три часа процесса сушки имеет прямолинейный характер. При более поздних сроках из-за малого количества удаляемой влаги процесс становится более теплоемким. Графики показывают, что сушка протекает одинаково, но скорость и количество удаляемой влаги имеют отличающиеся значения, так как у образцов различные значения средней плотности.

Как видно из рисунка 3. самое максимальное количество удаляемой влаги приходится на первые часы. В дальнейшем с увеличением продолжительности сушки количество удаляемой влаги постепенно уменьшается и стремится к нулевой

отметке. Динамика удаления влаги в различных образцах проходила по-разному, но при этом общая картина была схожей во всех случаях. Возможной причиной этому являются различия в показателях средней плотности, количественных соотношениях пор различного размера, закрытых, открытых и сообщающихся пор, коэффициентах теплопроводности и т. д. Тепло с поверхности стремится проникнуть к середине образцов, а влага, наоборот, движется с центра во внешнюю окружающую среду. На процесс сушки образцов влияют и их габаритные размеры, так как изменяется количество поглощенной воды, контактная поверхность теплового агента и газобетона, скорость проникновения тепла во внутренние слои, движение влаги из центра к периферии и т. д.

Как оказалось, сушка автоклавных газобетонов изначально происходит за счет поверхностной, в дальнейшем внутренней, диффузии влаги.

На рисунке 4 приводится график сушки водонасыщенных автоклавных газобетонных образцов средней плотностью D 500 от продолжительности сушки. Кроме двух линий показаны отклонения от средних значений в виде точек.

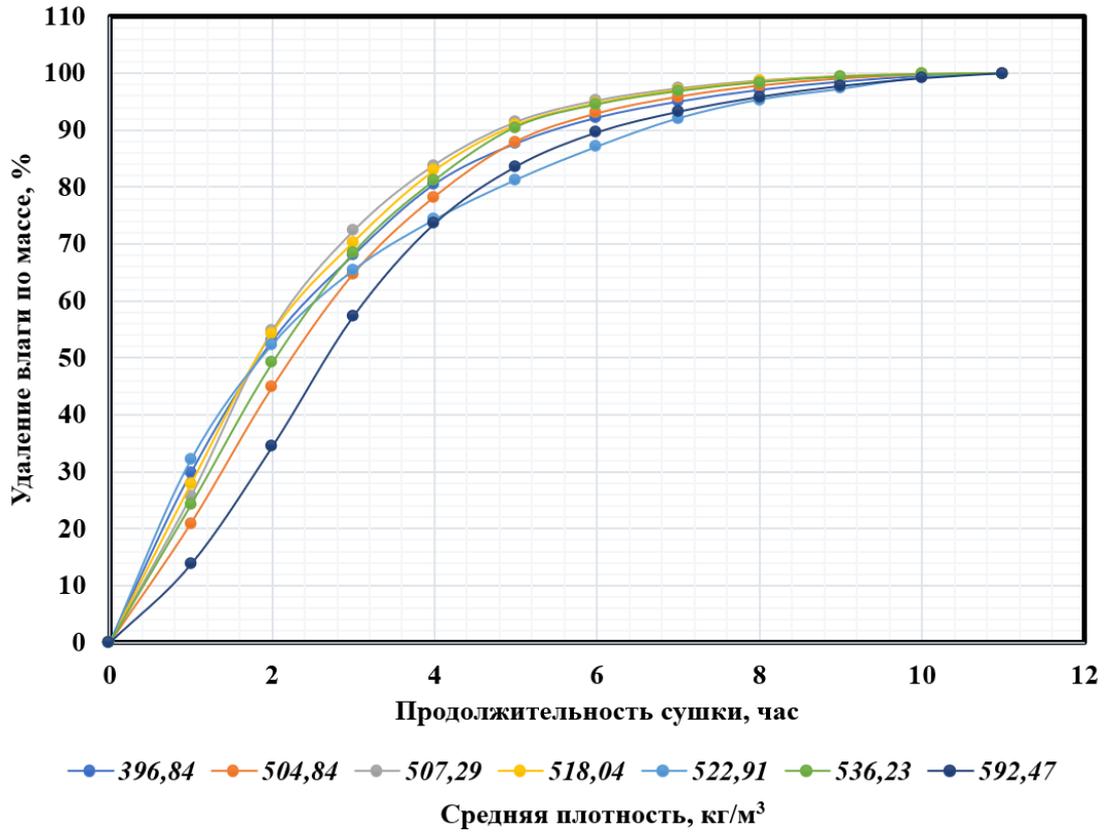


Рис. 2. График сушки водонасыщенных автоклавных газобетонных образцов до сухого состояния

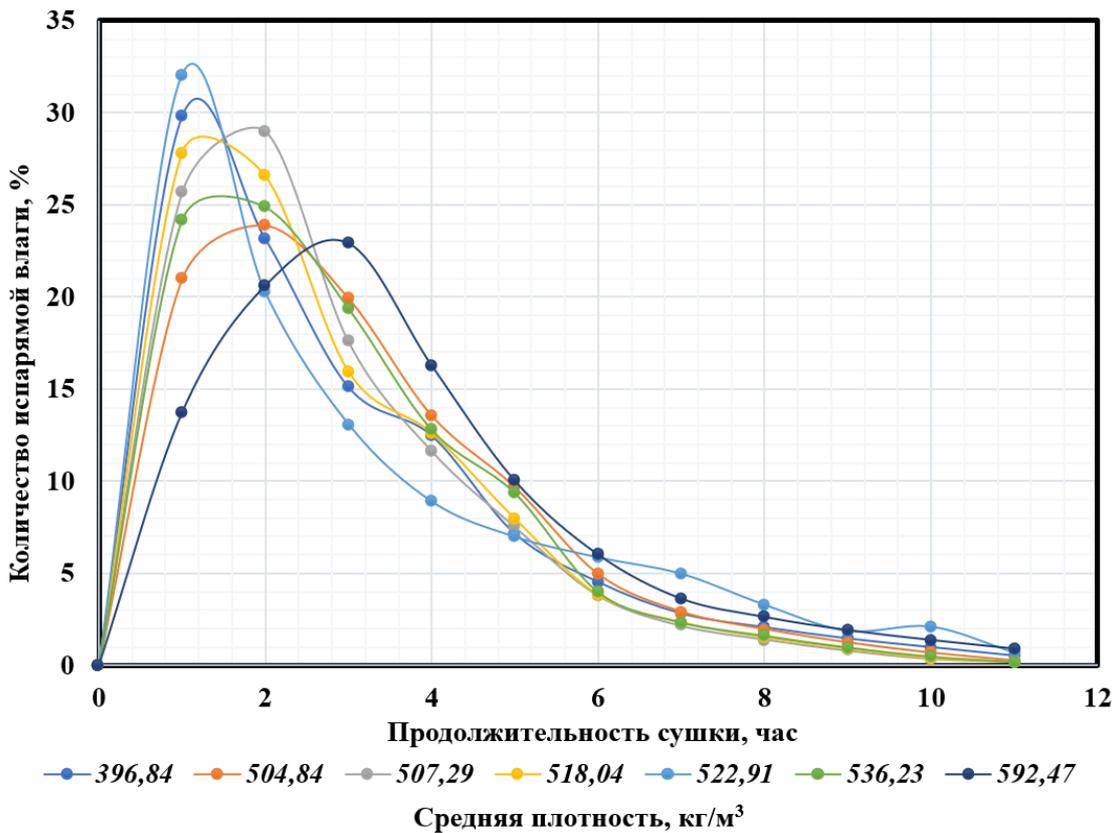


Рис. 3. График количества испаряемой влаги из водонасыщенных автоклавных газобетонных образцов до сухого состояния

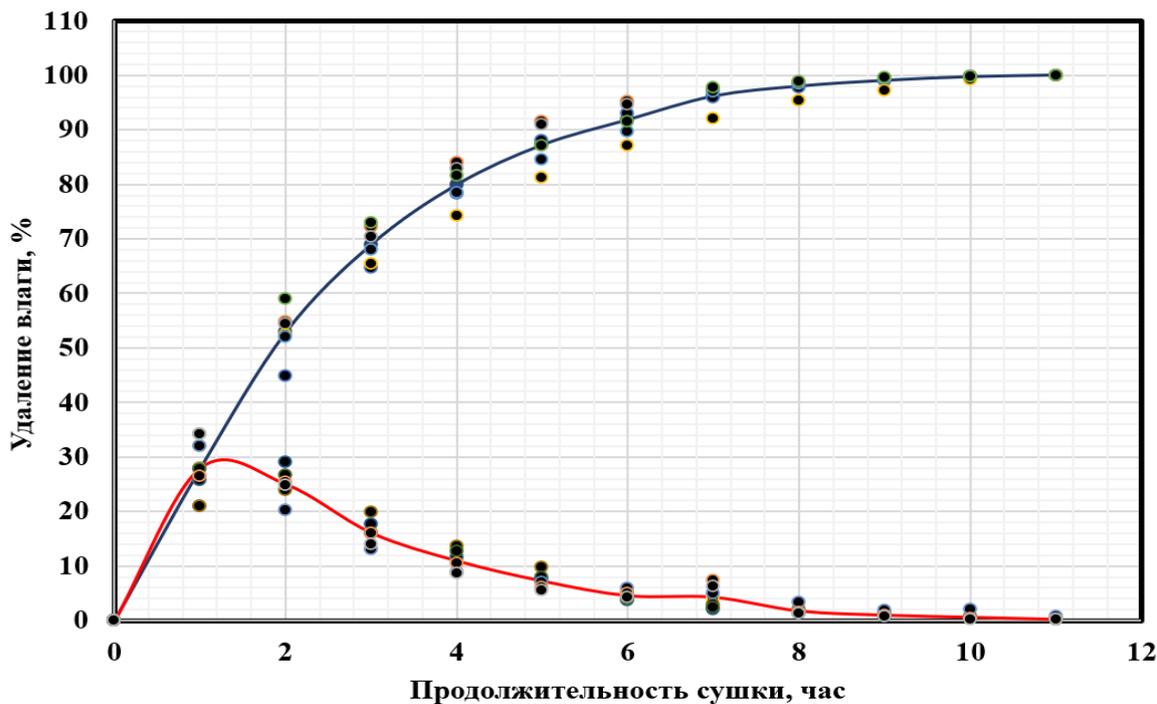


Рис.-4. График сушки водонасыщенных автоклавных газобетонных образцов средней плотностью D 500: – удаление влаги по массе, %; – количество испаряемой влаги, %

Выводы

В результате исследования установлено, что сушка автоклавных газобетонных образцов требует достаточно длительного времени. При этом самое максимальное удаление влаги приходится

на первые часы процесса сушки. Дальнейшее торможение процесса связано с еще большей трудностью вывода влаги с внутренних слоев автоклавных газобетонных образцов. Прямолинейная зависимость удаления влаги от продолжительности сушки наблюдаются в изначальные 1–3 ч.

Список литературы

1. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической технологии / А. Н. Плановский, В. М. Рамм, С. З. Каган. – Москва : Химия. 1968. – 848 с.
2. Фролов В. Ф. Моделирование сушки дисперсных материалов / В. Ф. Фролов. – Ленинград : Химия, 1987. – 208 с.
3. Левина Н. С. Исследование кинетики нагрева и сушки пористых материалов / Н. С. Левина // Ползуновский вестник. – 2008. – № 1–2. – С. 49–52.
4. Недосеко И. В. Легкий и особо легкий керамзит и керамзитобетон. Анализ традиционных и перспективных областей их использования в гражданском и промышленном строительстве / И. В. Недосеко, Д. А. Сеницин, В. М. Горин, П. В. Сафонов, Е. Ю. Миرونюк, В. В. Кузьмин // Строительные материалы. – 2022. – № 5. – С. 8–14. – DOI: <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2022-802-5-8-14>.
5. Ремнев В. В. Практика эффективного применения неавтоклавного пенобетона / В. В. Ремнев // Вестник НИЦ «Строительство». – 2020. – № 24 (1). – С. 91–97. <https://vestnik.cstroy.ru/jour/article/view/67/67> ;
6. Жугинисов М.Т., Омарбек А. Аналитический обзор исследований по технологии пеностекла / Молодой ученый № 48 (443), 2022. С.51-556. – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/443/96982/>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
7. Родин А. И. Высокотемпературная керамовермикулитовая теплоизоляция на волластонитовой связке / А. И. Родин, А. А. Ермаков, В. М. Кяшкин, Н. Г., Родина, В. Т. Ерофеев // Стекло и керамика. – 2023. – Т. 96, № 7. – С. 25–34. – DOI: 10.14489/glc.2023.07. pp.025-034.
8. Рахманов В. А. Инновационная технология полистиролбетона с оптимальными свойствами / В. А. Рахманов // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2011. – № 9. – С. 37–41. – Режим доступа: http://www.stroymat21.ru/pdf/2011_09/37-41.pdf, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.
9. Божко Ю. А. Сравнительная эффективность применения в строительстве стеновых изделий плотностью менее 800 кг/м³ / Ю. А. Божко, В. Д. Котляр, М. В. Рогочая // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2015. – № 4 (14). – С. 46–51.
10. Пащенко Ю. О. Исследование звукоизоляции ограждающих конструкций из стеновых блоков / Ю. О. Пащенко, М. И. Марченко, О. А. Сотникова // Инженерно-строительный вестник Прикаспия. – 2022. – № 3 (41), – С. 5–10.
11. Мухамедбаев А. А. Исследование пористости пенобетонов на основе шлакощелочного вяжущего / А. А. Мухамедбаев // Технологии бетонов. – 2020. – № 9-10. – С. 45–47. – Режим доступа: <https://www.researchgate.net/>

publication/354536878_Issledovanie_poristosti_penobetonov_na_osnove_slakoselocnogo_vazusego, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

12. Кузьменков М. И. Пути сушки газосиликатных блоков / М. И. Кузьменков, О. Г. Мартинов // Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения : материалы 10-й Международной научно-практической конференции. Минск – Могилев, 29–31 мая 2018 г. / под ред. Н. П. Сажнева и др. – Минск : А. Н. Ваксин, 2018. – С. 60–67. – Режим доступа: <https://euroaerobeton.ru/wp-content/uploads.pdf>, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

13. Перегудов В. В. Тепловые процессы и установки в технологии строительных изделий и конструкций : учебник / В. В. Перегудов, М. И. Роговой. – Москва : Стройиздат, 1983, – 416 с.

14. Еремин И. Ф. Процессы и аппараты в технологии строительных материалов : учебник / И. Ф. Еремин. – Москва : Высшая школа, 1986, – 280 с.

15. Касаткин А. Н. Основные процессы и аппараты химической технологии : учебник / А. Н. Касаткин. – 10-е изд., стереот., дораб. – Москва : Альянс, 2004. – 750 с.

16. Cieřlikiewicz Ł. Experimental investigation of the influence of the relative humidity of air on the drying process of porous building materials / Ł. Cieřlikiewicz, P. Łapka, M. Kubiř, M. Wasik, K. Pietrak, P. Furmański, M. Seredyński, T. Wiřniewski // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Issue 660 (1). – P. 012025. – DOI: 10.1088/1757-899X/660/1/012025.

17. Wasik M. Numerical investigation of influence of the temperature and relative humidity of air on the drying process of porous building / M. Wasik, P. Łapka, Ł. Cieřlikiewicz, M. Seredyński, P. Furmański, K. Pietrak, M. Kubiř, T. Wiřniewski, M. Jaworski / OP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – Issue 660 (1). – P. 012020. – DOI: 10.1088/1757-899X/660/1/012020.

18. Жилин А. А. Изучение динамики сушки ячеистого газобетона / А. А. Жилин, А. В. Федоров. 2017. – С. 60–62. – Режим доступа: http://conf.nsc.ru/files/conferences/dms15/418408/060_062.pdf, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

19. Zhilin A. A. Acoustic-convective drying of aerated cellular concrete / A. A. Zhilin, A. V. Fedorov // Dynamics of Multiphase Media AIP Conf. Proc. XV All-Russian Seminar (DMM2017, 3–5 October 2017, Novosibirsk, Russia). – 1939. – P. 020014-1–020014-10. – <https://doi.org/10.1063/1.5027326>.

20. Ramamurthy K., Narayanan N. Influence of composition and curing on drying shrinkage of aerated concrete / K. Ramamurthy, N. Narayanan / Materials and Structures. – May 2000. – Vol. 33, – P. 243–250. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/225827045_Influence_of_composition_and_curing_on_drying_shrinkage_of_aerated_concrete, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

21. Nawalany G. Influence of selected parameters of autoclaved aerated concretes on their drying / G. Nawalany, P. Sokolowski, P. Herbut, S. Angrecka // Nr III/1/2017, Polish academy of sciences, Cracow Branch, – P. 977–985. – Режим доступа: http://www.infraeco.pl/pl/art/a_18355.htm?plik=2124, свободный. – Заглавие с экрана. – Яз. рус.

© А. А. Мухамедбаев

Ссылка для цитирования:

Мухамедбаев А. А. Исследование сушки водонасыщенного автоклавного газобетона // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГБОУ АО ВО «АГАСУ», 2024. № 4 (50). С. 33–39.

УДК 625.85

DOI 10.52684/2312-3702-2024-50-4-39-44

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА МОДИФИЦИРОВАННЫХ И ПОЛИМЕРНО-БИТУМНЫХ ВЯЖУЩИХ НА ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЩЕБЕНОЧНО-МАСТИЧНЫХ АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

Д. Х. Исенбулатова, И. А. Ефремов, Н. А. Лушников, Д. Ю. Небрятенко, С. В. Алексигов

Исенбулатова Диляра Хайдаровна, магистрант, Волгоградский государственный технический университет, г. Волгоград, Российская Федерация, тел.: + 7 (960) 851-34-34; e-mail: disenbulatova@uprdorkaspiy.ru;

Ефремов Иван Александрович, начальник отдела контроля качества, Управление федеральных автомобильных дорог «Каспий», г. Астрахань, Российская Федерация, тел.: + 7 (937) 502-39-62; e-mail: efremov.ivan@mail.ru;

Лушников Николай Александрович, кандидат технических наук, заведующий кафедрой «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты», Российский университет транспорта (РУТ МИИТ), г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (915) 224-19-64; e-mail: lab10@mail.ru;

Небрятенко Дмитрий Юрьевич, кандидат химических наук, доцент кафедры «Автомобильные дороги, аэродромы, основания и фундаменты», Российский университет транспорта (РУТ МИИТ), г. Москва, Российская Федерация, тел.: + 7 (916) 936-35-81; e-mail: nebratenko@mail.ru, ORCID 0000-0002-3607-8876