

СТРОИТЕЛЬСТВО. АРХИТЕКТУРА

doi: 10.51639/2713-0576_2022_2_2_5

УДК 691.620.1

ГРНТИ 67.09.33

ВАК 05.23.00

Использование программного обеспечения «Microsoft Excel» для обработки результатов испытаний бетонных составов

* Меренкова Н. В., Рязжских А. И.

*Институт сферы обслуживания и предпринимательства (филиал) ДГТУ
346506, Россия, г. Шахты, ул. Шевченко, 147*

email: * Den-nata@mail.ru, Alex.Ryazhskih@mail.ru

В статье приведены результаты исследований по определению модуля упругости как обычного, так и модифицированного бетона, при испытании бетона на сжатие гидравлическим прессом E160N с автоматизированным анализом результатов исследований с помощью электронных таблиц Microsoft Excel. Актуальность данного исследования обусловлена активным и разносторонним применением, в строительстве зданий и сооружений, портландцементного тяжёлого бетона как обычного, так и модифицированного с добавками полипропиленовой микрофибры. Обоснована цель проведенного исследования. На основании ГОСТ 24452-80 «Методы определения призмочной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона» разработана методика проведения экспериментов. Приведены результаты исследований, графики нагружения и деформаций, описание разработанной Excel таблицы. На основе проведённых испытаний были сформированы выводы, подтверждающие актуальность данного исследования.

Ключевые слова: бетон, прочность, автоматизация расчётов, модуль упругости.

Теория и методы исследования

В настоящее время при проектировании строительных объектов широко используют программные комплексы, основанные на методе конечных элементов, где в качестве исходных данных необходимо ввести упругие характеристики материалов. При этом в большинстве случаев используются справочные данные. Но, экспериментальные исследования механических свойств бетонов показывают, что реальные характеристики не только модифицированных бетонов, но и без добавок, нередко значительно различаются от справочных [1–3].

Методика определения упругих характеристик бетонов, регламентирована ГОСТ 24452-80. Для этого требуется изготовление образцов-призм, специализированное оборудование и квалифицированный персонал. Испытания подобным способом предполагают ступенчатое нагружение призм с одновременной фиксацией нагрузки и деформаций. Однако на гидравлическом прессе выполнить равномерное нагружение с определёнными интервалами очень сложно. Кроме этого, ограниченное число образцов не всегда позволяет обеспечить требуемую точность измерений.

При исследовании модифицированных составов с целью уменьшения вероятности погрешностей необходимо увеличение количества испытанных образцов определенного

состава для получения требуемой точности измерений. Поэтому установление модуля упругости и коэффициента Пуассона потребует значительных затрат времени и материалов.

Для сокращения затрат времени на проведение испытаний на кафедре «Строительство и техносферная безопасность» ИСОиП филиала ДГТУ в г. Шахты проведены исследования по определению модуля упругости при определении предела прочности образцов кубов на сжатие. Суть испытаний заключается в нагружении образцов непрерывно до разрушения, фиксация показаний силоизмерителя во времени позволит получить график, учитывающий выравнивание напряжений в начале испытаний и пластические деформации в конце.

Однако, при использовании прессов с механическим силоизмерителем возникает ряд определённых сложностей, связанных с фиксацией нагрузок в случае непрерывного нагружения. Кроме этого на прессе ПГ 250, имеющемся в лаборатории кафедры, отсутствует возможность измерения деформаций.

Для оценки величины деформации образцов изготовлены специальные штативы с возможностью закрепления индикаторов часового типа с ценой деления 0,01 и 0,001 мм, которые располагались в рабочей области пресса рядом с образцом.

При этом возникает трудность обрабатывания итогов тестирований из-за потребности синхронной фиксации, напряжений и деформаций образцов в течении всего периода испытания. Для достижения этой цели может использоваться видеозапись показаний регистрирующих приборов с расположением на них секундомеров, которые запускаются одновременно с насосом пресса (рис. 1).

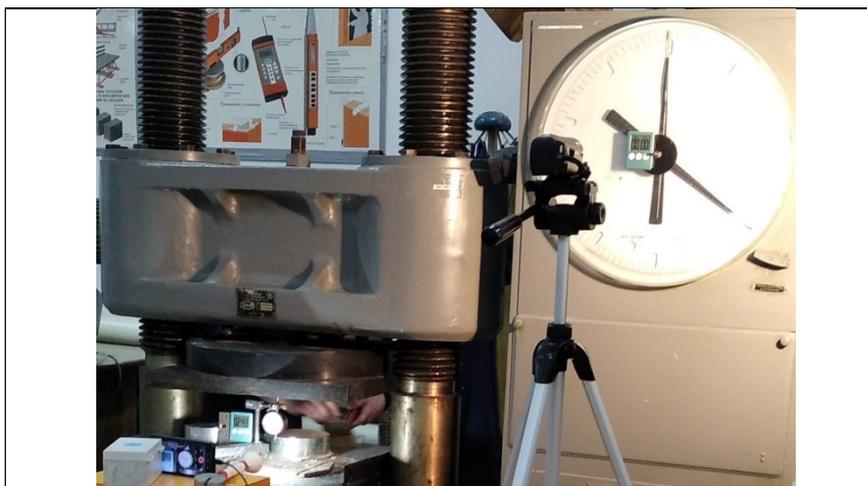


Рис. 1. Видеофиксация испытания

Так как видеофайл не позволяет работать с фиксированными значениями нагрузки для расчётов, а лишь просмотреть их, то решено фиксировать значения с видеозаписи каждую секунду. При частоте записи камеры 30 кадров в секунду необходимо выбрать показания силоизмерителя в каждом тридцатом кадре. Таким же образом в соответствующие периоды времени, то есть через одну секунду, фиксируются показания индикаторов деформаций.

На сегодняшний день уже невозможно представить себе обработку результатов исследований без специализированной вычислительной техники, которая поможет значительно сократить затраты времени на расчёты. Возможность автоматизации итогов научных исследований, даёт возможность качественно и своевременно обрабатывать результаты испытаний на новом уровне, поскольку имеется возможность обработки больших массивов измерений.

С нашей точки зрения, обработка результатов испытаний наиболее просто решается при применении таблиц Excel от компании Microsoft. Они отлично подходят под критерии обработки больших массивов информации, а также отображение их в графиках. Это

позволяет получать в процессе расчётов зависимость напряжений от времени нагружения образца (рис. 2).

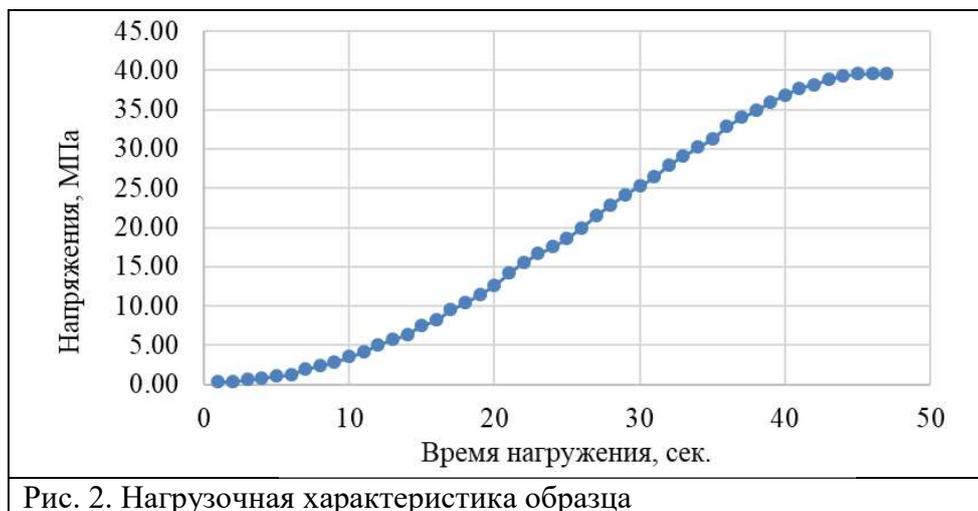


Рис. 2. Нагрузочная характеристика образца

Наиболее трудоёмким процессом при обработке результатов остаётся выбор из видеофайлов показаний измерительных приборов и внесение их в таблицу. Значительно упрощается эта задача при использовании прессы E160N (рис. 3), который обладает функцией записи результатов испытаний (нагрузки) в цифровом формате и её хранения. То есть, появляется возможность автоматизации её обработки.



Рис. 3. Измерение деформаций при испытании бетона на сжатие

Сложность обработки результатов испытаний заключается в том, что электронный блок силоизмерителя прессы записывает результаты нагружения через стабильные интервалы времени, что составляет 20 ячеек за 1 секунду, следовательно, остаётся отсортировать нужные значения. Поскольку процесс разрушения образцов занимает от 20 до 50 секунд, то объём выборки нагрузок может достигать нескольких сотен значений. Работать с таким

массивом очень неудобно, но учитывая необходимость синхронизации напряжений и деформаций, принято решение принимать к расчётам показания приборов с интервалом 1 сек. В данном случае требуется выбрать каждое двадцатое значение нагрузки.

Для выбора требуемых значений нагрузки в процессоре Excel был разработан файл с программой, которая позволяла искать необходимые значения с определённым интервалом времени и фильтровать нужные значения. Особенности файла – простота использования с максимальным количеством ячеек доступных для расчётов составляет 3000.

Цель данной программы заключалась в создании таблицы, функциональной, удобной, с возможностью дальнейших улучшений в виде использования дополнительных команд и функций, чтобы подставлять их к требуемым ячейкам в которых находится информация снятая с пресса уже в электронном виде.

Для выбора значений нагрузки в требуемые интервалы времени используется функция ссылок значений. Выводим нужные интервалы времени и соответственно их значений на отдельный лист через команду, что позволяет работать с различными результатами испытаний (рис. 3).

Столбцы с индексом «А», «В» отвечают за исходные данные с пресса, в них переносятся значения с текстового документа, записанного в компьютере пресса.

Приведённая методика позволяет получать на основе данных памяти пресса, получать новую выборку для построения нагрузочных графиков в процессоре Microsoft Excel, на которых затем выбирается прямолинейный участок. По новой выборке (рис. 4) строится линейная зависимость с оценкой величины достоверности аппроксимации. Показатель достоверности должен быть максимально близок к единице. Если наблюдается отклонение линии тренда от крайних точек выборки, то их необходимо исключить из выборки.

Полученные результаты и их обсуждение

Приведённая методика позволяет получать выборку для построения нагрузочных графиков в процессоре Microsoft Excel, на которых затем выбирается прямолинейный участок. По новой выборке (рис. 4) строится линейная зависимость с оценкой величины достоверности аппроксимации. Показатель достоверности должен быть максимально близок к единице. Если наблюдается значительное отклонение крайних точек выборки от линии тренда, то их необходимо исключить из выборки. По полученным данным, исходя из разницы напряжений и деформаций линейного участка графика, можно определить напряжения в образце и его продольные деформации (табл. 1, 2, рис. 5, 6). Определив относительные деформации бетона производится расчёт модуля упругости.

Таблица 1

Результаты прочности бетона без добавок

19.02.2022 № 6			22.02.22 № 7		
Время нагружения, сек	Напряжения, МПа	Деформация, мм	Время нагружения, сек	Напряжения, МПа	Деформация, мм
5,000	2,6999	0,43	5,000	3,7908	0,36
6,000	4,8230	0,49	6,000	5,8211	0,42
7,000	7,2428	0,54	7,000	7,9531	0,47
8,000	9,7094	0,57	8,000	10,0873	0,52
9,000	12,0897	0,61	9,000	12,1576	0,55
10,000	14,3476	0,64	10,000	14,1492	0,59
11,000	16,4764	0,68	11,000	16,0182	0,63
12,000	18,4630	0,7	12,000	17,7291	0,66
13,000	20,2976	0,73	13,000	19,2693	0,7
14,000	21,9913	0,76	14,000	20,6418	0,73

Сб.ТД.КОНФ. ИТОН-2022
<https://bgtu-nvrsk.ru/research/conferences/iton-2022>

19.фев	1 тест	а
Время, с	Напряжения, МПа	
0.050	0.147	
0.100	0.161	
0.150	0.180	
0.200	0.201	
0.250	0.226	
0.300	0.253	
0.350	0.271	
0.400	0.275	
0.450	0.278	
0.500	0.284	
0.550	0.290	
0.600	0.298	
0.650	0.306	
0.700	0.317	
0.750	0.327	
0.800	0.336	
0.850	0.340	
0.900	0.346	

Рис. 4. Результаты обработки данных в табличном процессоре Excel:
 а – значения исходного файла; б – новая выборка (напряжения каждую секунду)

Таблица 2

Результаты выбора линейных участков графиков нагружения

Бетон без добавок			Бетон с добавкой полипропиленовой микрофибры (2 % от массы цемента)		
Время нагружения, сек	Напряжения, МПа	Деформация, мм	Время нагружения, сек	Напряжения, МПа	Деформация, мм
5,000	2,700	0,43	5,000	3,791	0,36
6,000	4,823	0,49	6,000	5,821	0,42
7,000	7,243	0,54	7,000	7,953	0,47
8,000	9,709	0,57	8,000	10,087	0,52
9,000	12,090	0,61	9,000	12,158	0,55
10,000	14,348	0,64	10,000	14,149	0,59
11,000	16,476	0,68	11,000	16,018	0,63
12,000	18,463	0,7	12,000	17,729	0,66
13,000	20,298	0,73	13,000	19,269	0,7
14,000	21,991	0,76	14,000	20,642	0,73

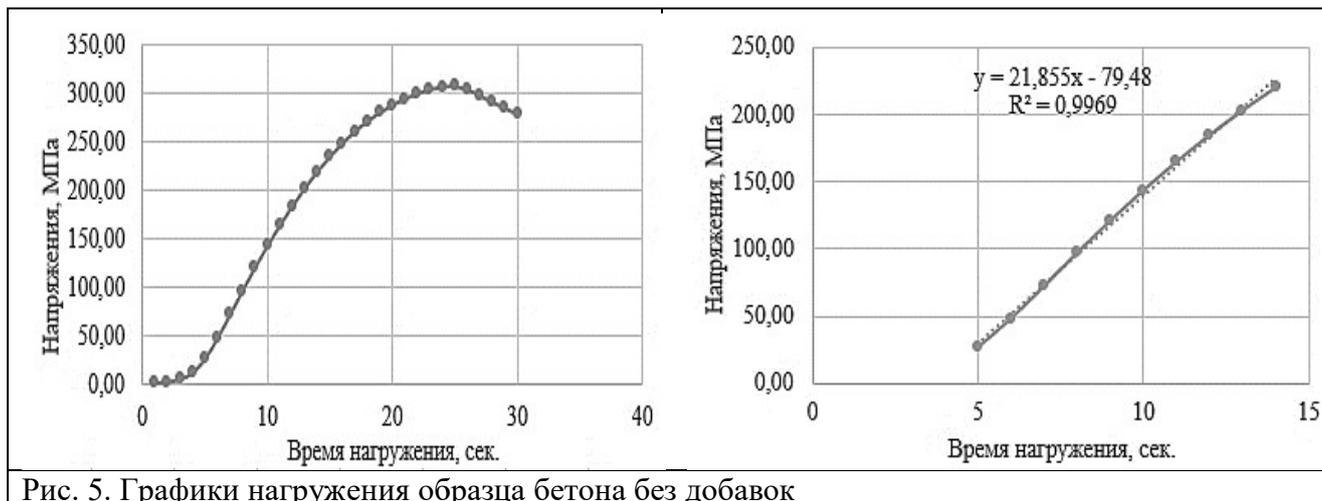


Рис. 5. Графики нагружения образца бетона без добавок

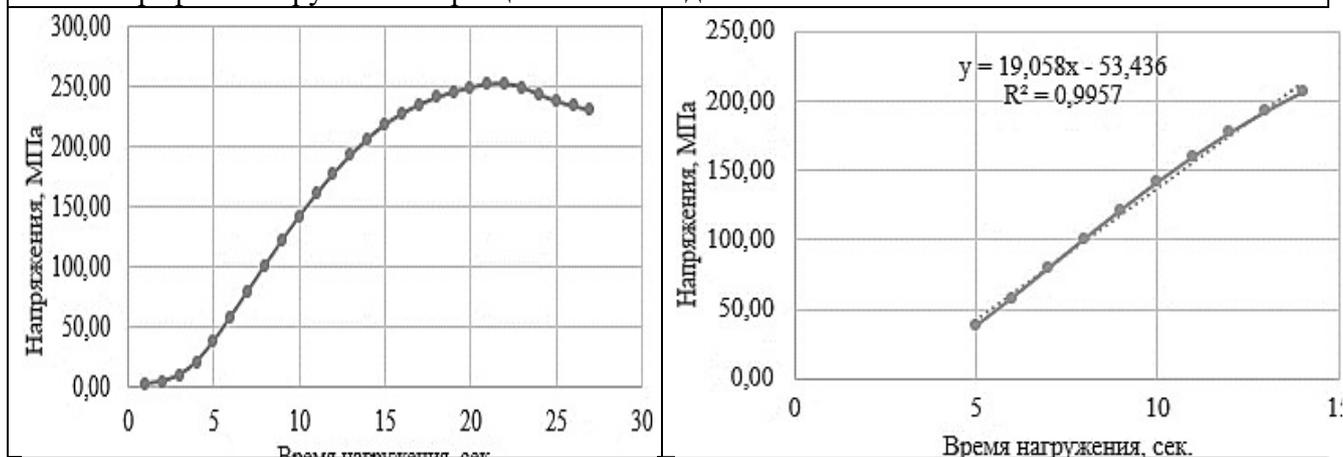


Рис. 6. Графики нагружения модифицированного образца бетона

Заключение

Разработанная методика позволяет одновременно с испытанием образцов кубов на сжатие выполнить измерения для расчёта модуля упругости в различные сроки твердения бетона при использовании простого испытательного оборудования. Это в свою очередь исключает необходимость изготовления специальных образцов-призм, сокращая тем самым затраты времени на испытания.

Конфликт интересов

Авторы статьи заявляют, что у них нет конфликта интересов по материалам данной статьи с третьими лицами на момент подачи статьи в редакцию журнала, и им ничего не известно о возможных конфликтах интересов в настоящем со стороны третьих лиц.

Список литературы

1. Ушеров-Маршак А. В., Бабаевская Т. В. Методологические аспекты современной технологии бетона. // Бетон и железобетон. – 2002. №1. – С. 5–7.
2. Ибе Е. Е., Шугурова А. В. Перспективы применения фибробетона при строительстве гидротехнических сооружений // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – Том 9, №1 (2017).

3. Низина Т. А. Экспериментальные исследования дисперсно-армированных мелкозернистых бетонов / Низина Т. А., Балыков А. С., Сарайкин А. С. Текст: непосредственный // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2015. – № 4. – С. 91–95.

Using the Microsoft Excel software for processing the test results of concrete compositions

Merenkova N. V., Ryazhskikh A. I.

*Institute of Service and Entrepreneurship (branch) of Don State Technical University
346506, Russia, Shakhty, str. Shevchenko, 147*

The article presents the results of studies to determine the modulus of elasticity of both conventional and modified concrete, when testing concrete for compression with an E160N hydraulic press with automated analysis of research results using Microsoft Excel spreadsheets.

The relevance of this study is due to the active and versatile use, in the construction of buildings and structures, of Portland cement heavy concrete, both conventional and modified with additives of polypropylene microfiber. The purpose of the conducted research is substantiated. Based on GOST 24452-80 «Methods for determining prismatic strength, modulus of elasticity and Poisson's ratio», a methodology for conducting experiments has been developed. The results of research, graphs of loading and deformations, a description of the developed Excel table are presented. Based on the conducted tests, conclusions were formed confirming the relevance of this study.

Keywords: concrete, strength, automation of calculations, modulus of elasticity.