



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Рубцовский индустриальный институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Алтайский государственный технический университет им. И.И. Пол-  
зунова»  
(РИИ АлтГТУ)

МИХАЙЛЕНКО О.А.

**ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫЕ И КАМЕННЫЕ  
КОНСТРУКЦИИ**

**Методические указания к выполнению лабораторных работ для студен-  
тов направления 08.03.01 "Строительство" всех форм обучения**

Рубцовск 2019

УДК 624

Михайленко , О.А. Железобетонные и каменные конструкции: метод. указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления 08.03.01 "Строительство" всех форм обучения/О.А. Михайленко. - Рубцовск: РИИ, 2019. - 17 с.

Содержат указания по выполнению студентами направления подготовки «Строительство» лабораторных работ по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции».

Рассмотрены и одобрены

на заседании каф. СиМ

РИИ АлтГТУ

Протокол № 7 от 07.06.2019

Рецензент:

доцент каф. СиМ

к.т.н., доцент А.А. Денисенко

## Содержание

Тема №1	Определение физических характеристик бетона и кирпича .....	4
Тема №2	Определение прочностных характеристик бетона и кирпича .....	4
Тема №3	Определение упругих характеристик бетона .....	11
Тема №4	Исследование напряженно-деформированного состояния железобетонного элемента .....	13

## Лабораторные работы

№ темы	Название лабораторных и расчетно-графических работ и их содержание
1	Определение физических характеристик бетона и кирпича
2	Определение прочностных характеристик бетона и кирпича
3	Определение упругих характеристик бетона
4	Исследование напряженно-деформированного состояния железобетонного элемента

### ГОСТЫ

1. ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
2. ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля;
3. ГОСТ 1762487. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.

### **Тема 1-2 Определение физических и прочностных характеристик бетона и кирпича**

Приборы и оборудование: электронный измеритель прочности бетона ПОС – 50МГ4 «Скол», электронный измеритель прочности сцепления в каменной кладке ПОС – 10МГ4 КЛ, ультразвуковой дефектоскоп для бетона и кирпича, пресс испытательный гидравлический малогабаритный ПГМ – 1000МГ4.

Работа выполняется в соответствии с ГОСТами:

- ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам
- ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля;
- ГОСТ 1762487. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности.

### **ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам**

#### **СУЩНОСТЬ МЕТОДОВ:**

Определение прочности бетона состоит в измерении минимальных усилий, разрушающих специально изготовленные контрольные образцы бетона при их статическом нагружении с постоянной скоростью роста нагрузки и последующем вычислении напряжений при этих усилиях в предположении упругой работы материала.

Форма и номинальные размеры образцов в зависимости от метода определения прочности бетона должны соответствовать указанным в табл.1.

Таблица 1

Метод	Форма образца	Размеры образца, мм
Определение прочности на сжатие и на растяжение при раскалывании	Куб	Длина ребра: 100; 150; 200; 300
	Цилиндр	Диаметр : 100; 150; 200; 300 Высота , равная 2
Определение прочности на осевое растяжение	Призма квадратного сечения	100x100x400; 150x150x600; 200x200x800
	Цилиндр	Диаметр : 100; 150; 200; 300 Высота , равная 2
Определение прочности на растяжение при изгибе и при раскалывании	Призма квадратного сечения	100x100x400; 150x150x600; 200x200x800

За базовый образец при всех видах испытаний следует принимать образец с размерами рабочего сечения 150x150 мм.

Образцы изготавливают и испытывают сериями.

Отклонения от плоскостности опорных поверхностей кубов и цилиндров, прилегающих к плитам пресса, не должны превышать 0,1 мм.

Отклонения от прямолинейности образующей образцов-цилиндров, предназначенных для испытания на раскалывание, не должны превышать 0,1 мм на 100 мм длины.

Отклонения от перпендикулярности смежных граней кубов и призм, а также опорных поверхностей и образующих цилиндров, предназначенных для испытания на сжатие, не должны превышать 1 мм.

Перед испытанием образцы взвешивают с целью определения их средней плотности по [ГОСТ 12730.1](#). При автоматическом определении массы образцов погрешность принимают по среднему классу точности по [ГОСТ 29329\\*](#).

---

\* На территории Российской Федерации документ не действует. Действует

## **ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ**

### **Общие требования**

Все образцы одной серии должны быть испытаны в расчетном возрасте в течение не более 1 ч.

Перед установкой образца на пресс или испытательную машину удаляют частицы бетона, оставшиеся от предыдущего испытания на опорных плитах пресси.

Шкалу силоизмерителя испытательной машины, пресси или испытательной установки выбирают из условия, что ожидаемое значение разрушающей нагрузки должно быть в интервале 20-80% максимальной нагрузки, допускаемой выбранной шкалой.

Нагружение образцов производят непрерывно со скоростью, обеспечивающей повышение расчетного напряжения в образце до его полного разрушения в пределах  $(0,6 \pm 0,4)$  МПа/с при испытаниях на сжатие и в пределах  $(0,05 \pm 0,02)$  МПа/с при испытаниях на растяжение. При этом время нагружения одного образца должно быть не менее 30 с.

Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимают за разрушающую нагрузку и записывают его в журнал испытаний.

Разрушенный образец необходимо подвергнуть визуальному осмотру и отметить в журнале испытаний:

- характер разрушения;
- наличие крупных (объемом более 1 см<sup>3</sup>) раковин и каверн внутри образца;
- наличие комков глины, следов расслоения.

Результаты испытаний образцов, имеющих перечисленные дефекты структуры и характер разрушения, учитывать не следует.

### Испытание на сжатие

При испытании на сжатие образцы-кубы и цилиндры устанавливают одной из вы-

бранных граней на нижнюю опорную плиту прессы (или испытательной машины) центрально относительно его продольной оси, используя риски, нанесенные на плиту прессы, дополнительные стальные плиты или специальное центрирующее устройство.

Между плитами прессы и опорными поверхностями образца допускается прокладывать дополнительные стальные опорные плиты.

Образцы-половинки призм при испытании на сжатие помещают между двумя дополнительными стальными плитами. Дополнительные плиты центрируют относительно оси прессы, используя риски, нанесенные на плиту прессы и дополнительные стальные плиты, или специальное центрирующее устройство.

5.2.3. После установки образца на опорные плиты прессы (дополнительные стальные плиты) совмещают верхнюю плиту прессы с верхней опорной гранью образца (дополнительной стальной плитой) так, чтобы их плоскости полностью прилегали одна к другой. Далее начинают нагружение.

В случае разрушения образца по одной из дефектных схем (по приложению 7 ГО-СТа) при определении средней прочности серии этот результат не учитывают.

### **ГОСТ 22690-88. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля**

Настоящий стандарт распространяется на тяжелый и легкий бетоны и устанавливает методы определения прочности на сжатие в конструкциях по упругому отскоку, ударному импульсу, пластической деформации, отрыву, скалыванию ребра и отрыву со скалыванием.

Прочность бетона определяют по предварительно установленным градуировочным зависимостям между прочностью бетонных образцов по [ГОСТ 10180](#) и косвенным характеристикам прочности.

В зависимости от применяемого метода косвенными характеристиками прочности являются:

- значение отскока бойка от поверхности бетона (или прижатого к ней ударника);
- параметр ударного импульса (энергия удара);
- размеры отпечатка на бетоне (диаметр, глубина и т.п.) или соотношение диаметров отпечатков на бетоне и стандартном образце при ударе индентора или вдавливании индентора в поверхность бетона;
  - значение напряжения, необходимого для местного разрушения бетона при отрыве приклеенного к нему металлического диска, равного усилию отрыва, деленному на площадь проекции поверхности отрыва бетона на плоскость диска;
  - значение усилия, необходимого для скалывания участка бетона на ребре конструкции;

- значение усилия местного разрушения бетона при вырыве из него анкерного устройства.

Механические методы неразрушающего контроля применяют для определения прочности бетона всех видов нормируемой прочности, контролируемых по [ГОСТ 18105\\*](#), а также для определения прочности бетона при обследовании и отбраковке конструкций.

Испытания проводят при положительной температуре бетона. Допускается при обследовании конструкций определять прочность при отрицательной температуре, но не ниже минус 10 °С при условии, что к моменту замораживания конструкция находилась не менее одной недели при положительной температуре и относительной влажности воздуха не более 75%.

Оценку соответствия значений фактической прочности бетона, полученных с применением приведенных в настоящем стандарте методов установленным требованиям, производят по [ГОСТ 18105](#).

Для метода отрыва со скалыванием следует применять соответствующие анкерные устройства по приложению 2 (ГОСТа).

Допускается применять также другие анкерные устройства, глубина заделки которых должна быть не менее максимального размера крупного заполнителя бетона испытываемой

Для метода скалывания ребра следует использовать приборы по приложению 3 (ГОСТа).

Для метода отрыва следует использовать стальные диски диаметром не менее 40 мм, толщиной не менее 6 мм и не менее 0,1 диаметра, с параметром шероховатости приклеиваемой поверхности не менее 20 мкм по [ГОСТ 2789](#). Клей для приклейки диска должен обеспечивать прочность, при которой разрушение происходит по бетону. Допускается использовать клеи, приведенные в приложении 4.

## **ПОДГОТОВКА К ИСПЫТАНИЯМ**

Для определения прочности бетона в конструкциях предварительно устанавливают градуировочную зависимость между прочностью бетона и косвенной характеристикой прочности (в виде графика, таблицы или формулы).

Для метода отрыва со скалыванием, в случае применения анкерных устройств в соответствии с приложением 2, и для метода скалывания ребра, в случае применения приборов в соответствии с приложением 3, допускается использовать градуировочные зависимости, приведенные в приложениях 5 и 6 соответственно.

Образцы, испытанные методом отрыва, устанавливают на прессе так, чтобы к опорным плитам пресса не прилегали поверхности, на которых проводили вырыв; результаты испытаний по [ГОСТ 10180](#) увеличивают на 5%.

## **ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ**

### **Метод отрыва со скалыванием**



При испытании методом отрыва со скалыванием участки должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием обжатия предварительно напряженной арматуры.

Испытания проводят в следующей последовательности:

- если анкерное устройство не было установлено до бетонирования, то в бетоне сверлят или пробивают шпур, размер которого выбирают в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора, в зависимости от типа анкерного устройства;

- в шпуре закрепляют анкерное устройство на глубину, предусмотренную инструкцией по эксплуатации прибора, в зависимости от типа анкерного устройства;

- прибор соединяют с анкерным устройством;

- нагрузку увеличивают со скоростью 1,5-3,0 кН/с;

- фиксируют показание силоизмерителя прибора и глубину вырыва с точностью не менее 1 мм.

Если наибольший и наименьший размеры вырванной части бетона от анкерного устройства до границ разрушения по поверхности конструкции отличаются более чем в два раза, а также если глубина вырыва отличается от глубины заделки анкерных устройств более чем на 5%, то результаты испытаний допускается учитывать только для ориентировочной оценки прочности бетона.

### **Метод скалывания ребра**

При испытании методом скалывания ребра на участке испытания не должно быть трещин, околлов бетона, наплывов или раковин высотой (глубиной) более 5 мм. Участки должны располагаться в зоне наименьших напряжений, вызываемых эксплуатационной нагрузкой или усилием обжатия предварительно напряженной арматуры.

Испытание проводят в следующей последовательности:

- прибор закрепляют на конструкции, прикладывают нагрузку со скоростью не более  $(1 \pm 0,3)$  кН/с;

- фиксируют показание силоизмерителя прибора;

- измеряют фактическую глубину скалывания;

- определяют среднее значение усилия скалывания.

Результаты испытания не учитывают, если при скалывании бетона была обнажена арматура и фактическая глубина скалывания отличалась от заданной (см. приложение 3) более чем на 2 мм.

### **ГОСТ 17624-87. Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности**

Ультразвуковой метод применяют для определения прочности бетона: отпускной, передаточной, в установленном нормативно-технической и проектной документацией промежуточном и проектном возрастах, в процессе твердения, а также при экспертном контроле.

Ультразвуковой метод основан на связи между скоростью распространения ультразвуковых колебаний и его прочностью.

Ультразвуковые измерения в бетоне проводят способами сквозного или поверхностного прозвучивания.

Прочность бетона в конструкциях определяют по экспериментально установленным градуировочным зависимостям "скорость распространения ультразвука - прочность бетона" (далее - скорость - прочность) или "время распространения ультразвука - прочность бетона" (далее - время - прочность) в зависимости от способа прозвучивания.

Прочность бетона определяют на участках конструкций, не имеющих видимых повреждений (отслоения защитного слоя, трещин и др.).

Ультразвуковые испытания проводят при положительной температуре бетона. Допускается проведение ультразвуковых испытаний конструкций при отрицательной температуре бетона не ниже минус 10 °С при условии, что в процессе их хранения относительная влажность воздуха не превышала 70%.

## **Средства контроля**

2.1. Ультразвуковые измерения проводят приборами, предназначенными для измерения времени распространения ультразвука (ультразвуковой дефектоскоп для бетона и кирпича).

Между бетоном и рабочими поверхностями ультразвуковых преобразователей должен быть обеспечен надежный акустический контакт, для чего применяют вязкие контактные материалы (солидол по [ГОСТ 4366](#), технический вазелин по [ГОСТ 5774](#) и др.).

## **Проведение испытаний и определение прочности бетона в конструкциях**

Число и расположение контролируемых участков на конструкции должны отвечать требованиям [ГОСТ 18105](#) и указываться в технологических картах на контроль или в нормативно-технической и проектной документации на конструкции или устанавливаться программой обследования, согласованной с проектной организацией. На каждом контролируемом участке проводят одно измерение времени распространения ультразвука при сквозном и не менее двух при поверхностном прозвучивании. В последнем случае прочность бетона определяют по среднему значению полученных результатов измерения времени распространения ультразвука.

Качество поверхности бетона контролируемого участка конструкции в зоне контакта с ультразвуковыми преобразователями должно соответствовать требованиям. Допускается проведение измерений времени распространения ультразвука в конструкциях через облицовочные материалы и декоративные покрытия по методикам, согласованным с головными научно-исследовательскими организациями.

Сборные линейные конструкции (балки, ригели, колонны и др.) испытывают, как правило, способом сквозного прозвучивания в поперечном направлении.

Изделия, конструктивные особенности которых затрудняют осуществление сквозного прозвучивания, а также плоские конструкции (плоские, ребристые и многопустотные панели перекрытия, стеновые панели и т.д.) испытывают способом поверхностного прозвучивания. При этом база прозвучивания при измерениях на конструкциях должна быть такой же, как на образцах при установлении градуировочной зависимости.

Измерение времени распространения ультразвука в бетоне конструкций следует проводить в направлении, перпендикулярном уплотнению бетона. Расстояние от края конструкции до места установки ультразвуковых преобразователей должно быть не менее 30 мм.

Измерение времени распространения ультразвука в бетоне конструкций следует проводить в направлении, перпендикулярном направлению рабочей арматуры. Концентрация арматуры вдоль выбранной линии прозвучивания не должна превышать 5%.

Допускается прозвучивание вдоль линии, расположенной параллельно рабочей арматуре, если расстояние от этой линии до арматуры составляет не менее 0,6 длины базы.

### Тема 3 Определение упругих характеристик бетона

Для определения упругих характеристик бетона (модулей упругости, коэффициентов поперечной деформации) можно использовать метод электрического тензометрирования и соответствующее оборудование: микропроцессорную многоканальную тензометрическую систему ММТС - 64.01, пресс испытательный гидравлический малогабаритный ПГМ – 1000МГ4

Представлен пример текстового файла по определению модуля упругости (с зафиксированными отсчетами показаний датчиков):

D:\экспер\Модуль упругости.dbf

упругости.dbf

упругости.dbf

30 4 11:26 Значения в единицах тарировки: кг, кгс/мм<sup>2</sup>, град цельсия и т.д.

Адрес 24 26

Диапазон 252 252

Прогр-ма 40 40

К\_тензоч 2,35 2,35

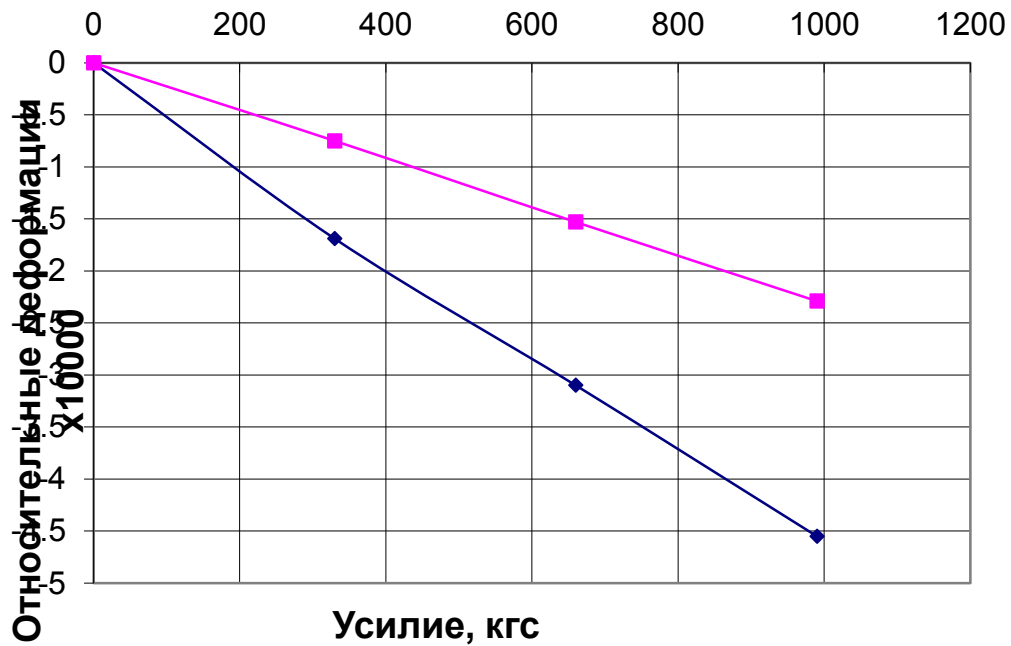
Материал 0 0

Мод\_упр 10000 10000

Тип 0 0

К_чувств	1,00	1,00
Смещен_0	1,00	1,00
Номинал	202	202
Номер_д	1	2
Кусилен	2577	2577
11:27:05		
11:27:42	-1,910	-0,777
11:28:21	-7,786	-2,308
11:29:00	-2,016	-0,581
11:29:35	-7,721	-2,291
11:30:21	-2,032	-0,630
11:30:58	-7,745	-2,398
11:31:37	-2,130	-0,614
11:32:12	-7,835	-2,373
11:32:45	-1,975	-0,704
11:33:30	-7,860	-2,357
11:34:08	-1,959	-0,630
11:34:46	-7,884	-2,275
11:35:30	-1,983	-0,638
11:36:05	-7,860	-2,381

Отсчеты датчиков можно обрабатывать с помощью программы MicrosoftOffice (Excel) (рис.3).



#### Тема 4. Исследование НДС железобетонного элемента

Работа проводится с использованием автоматизированного средства: ПК LIRA.

##### Пример:

На основе исходных данных смоделировать работу железобетонной балки. Предусмотреть два варианта:

- 1) железобетон без предварительного напряжения арматуры;
- 2) предварительно напряженная железобетонная балка. Бетонное сечение моделировать пластинчатыми КЭ, а рабочую арматуру, располагаемую в растянутой зоне – стрежневые КЭ. При учете предварительного напряжения арматуры смоделировать КЭ типа фаркопф, а бетон геометрически и физически нелинейными пластинчатыми КЭ (№444). Для предварительно напряженной модели задается усилием  $\sigma_{sp} = 0,8 \cdot R_{sp}$ .

$L=15\text{м}$  – пролет;  $q=1700\text{ кг/м}^2$  – нагрузка;

$b=5,5\text{м}$  – шаг колонн; вид сечения – тавр.

Для предварительно напряженной железобетонной балки создаем 4 загрузки:

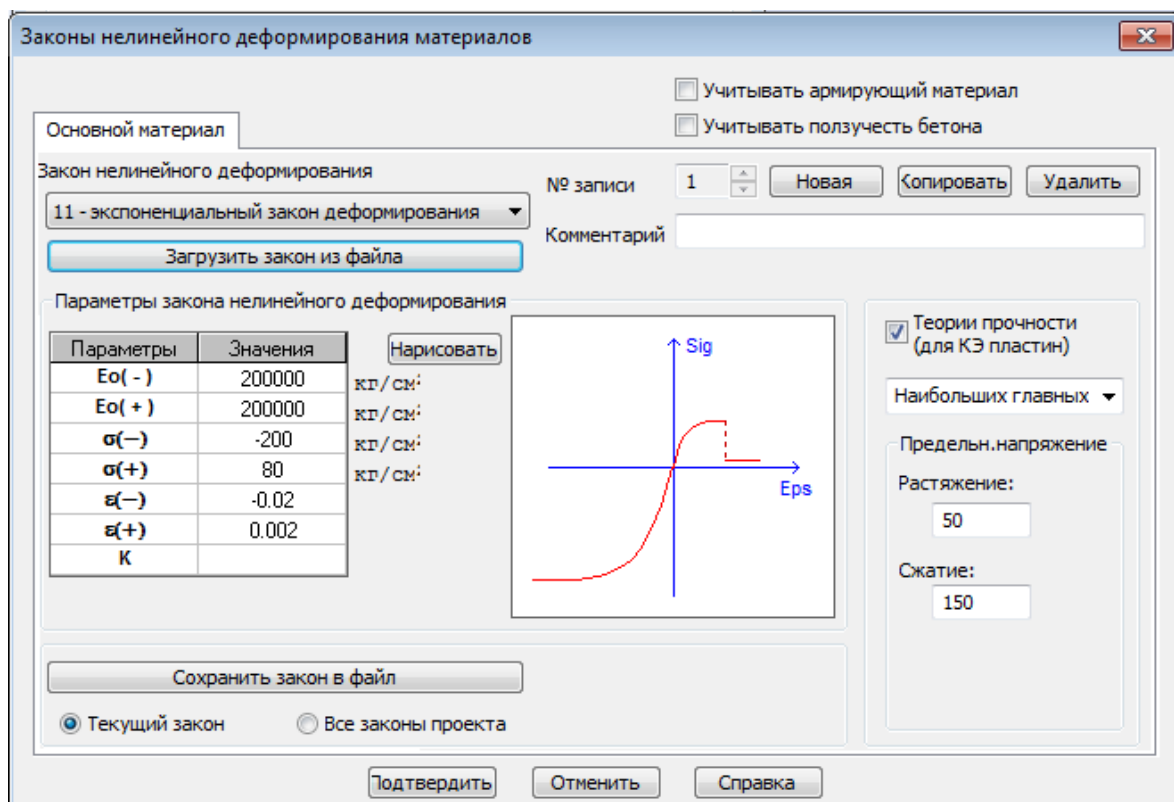
- 1) собственный вес конструкции;
- 2) натяжение арматуры на бетон  $=4480 \cdot 32,15^2 = 144027\text{ кг}$ ;
- 3) загрузка  $=1700\text{ (нагрузка)} \cdot 5,5\text{ (шаг балок)} \cdot 15\text{ (пролет)} / 151\text{ (количество узлов)}$   
 $= 928,81\text{ кг}$ ;

4) 1 загрузка + 2 загрузка  $\cdot 10 = 1440270$  кг.

В ПК Лира можно смоделировать поэтажную работу в стадии изготовления и эксплуатации предварительно-напряженную балку со способом натяжения арматуры на бетон. Для этого необходимо: сделать смену типа стержневого элемента, назначить его, как геометрически-нелинейный стержневой элемент типа фаркопф КЭ 308.

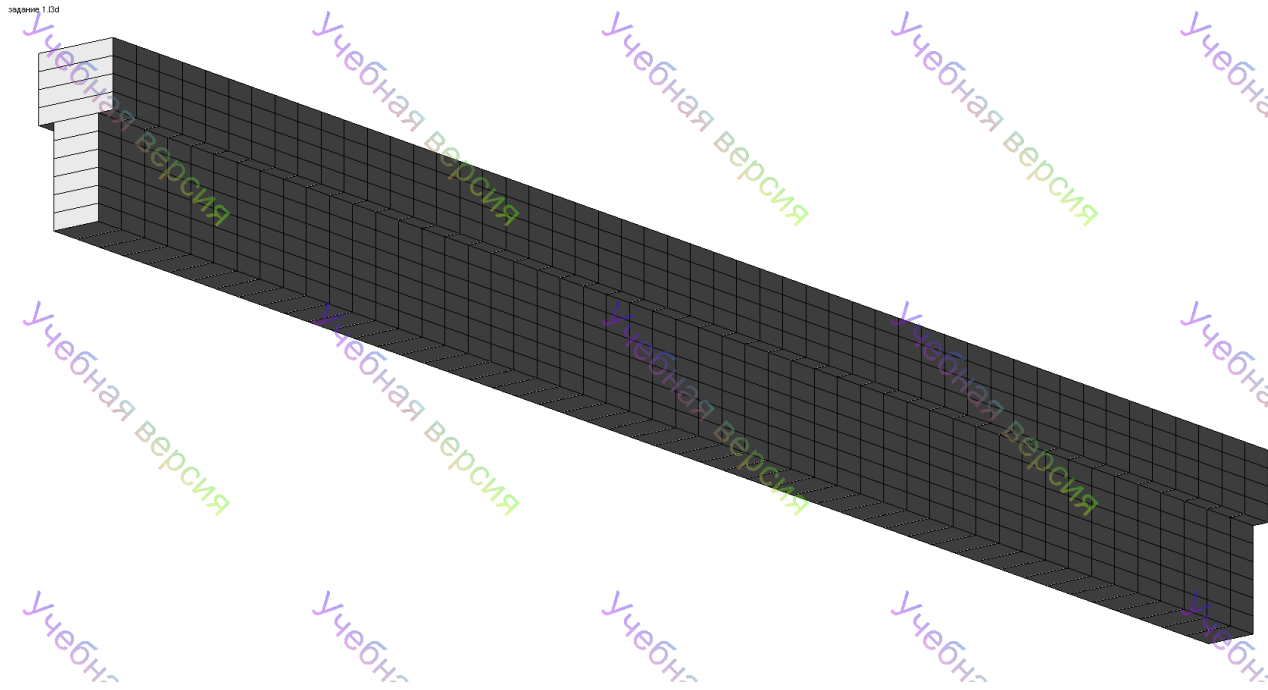
Для железобетона без предварительного напряжения арматуры создаем 2 загрузки:

- 1) собственный вес конструкции + натяжение арматуры на бетон = 144027 кг;
- 2) собственный вес конструкции + нагрузка = 928,81 кг.

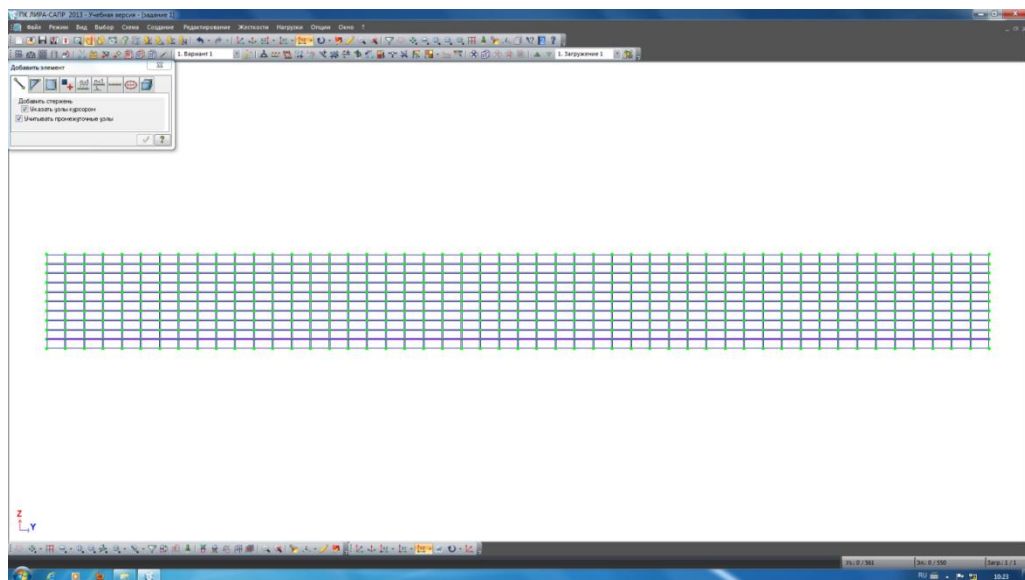


Параметры материала

задание 1.13d

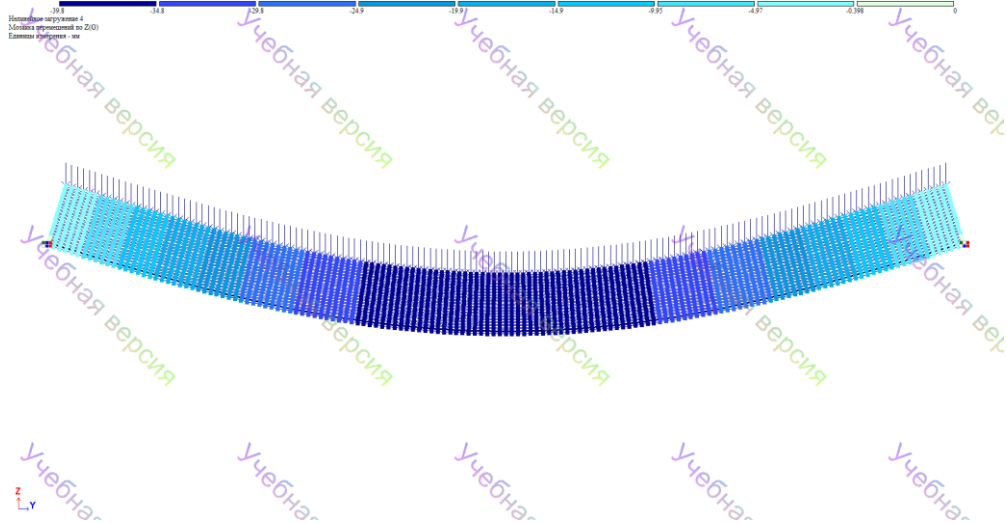


3D модель

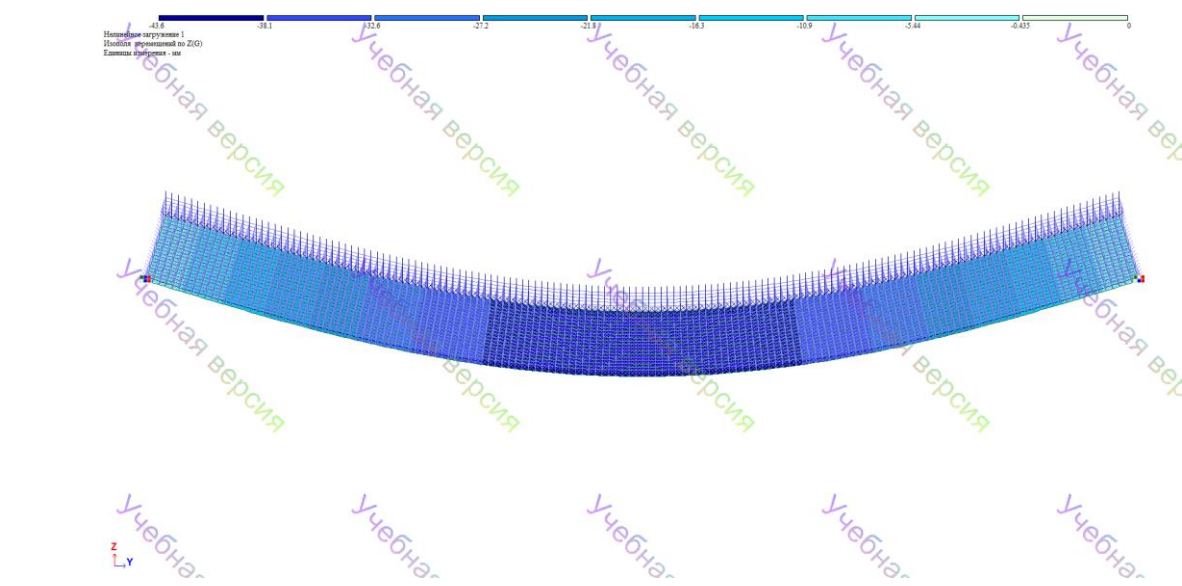


Добавление

стречней

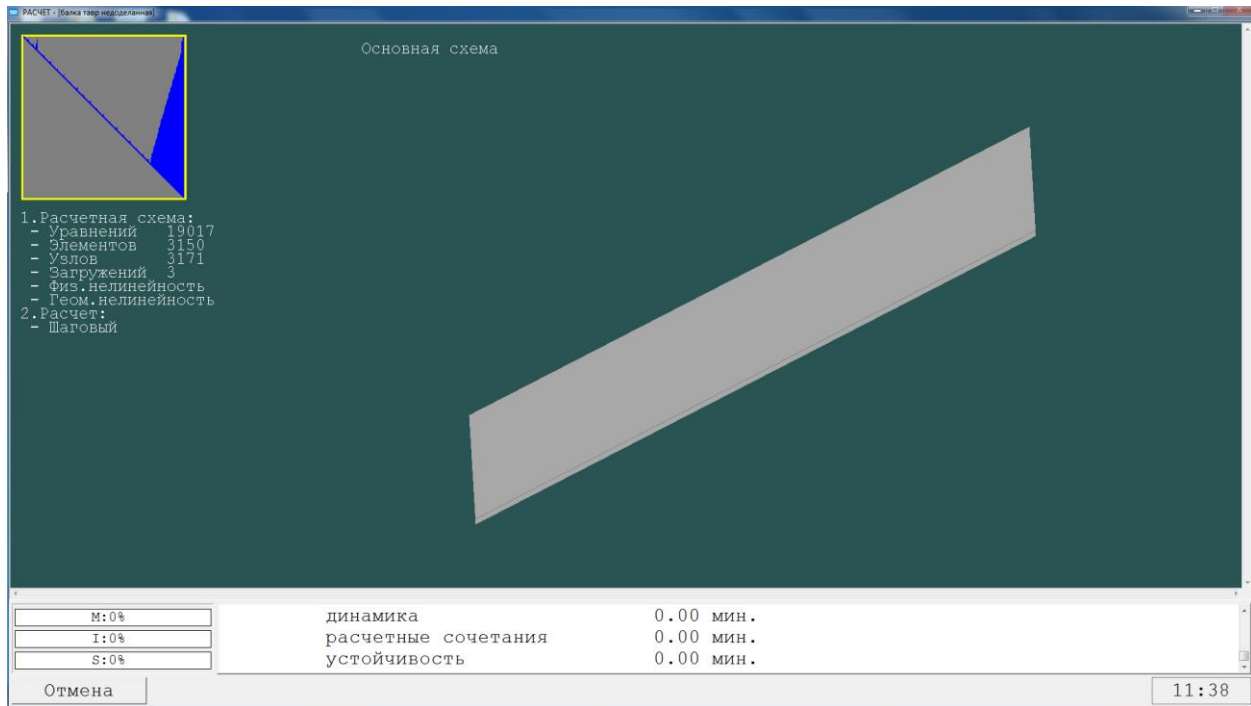


Прогиб балки равен 39,8 мм. Загрузка 4

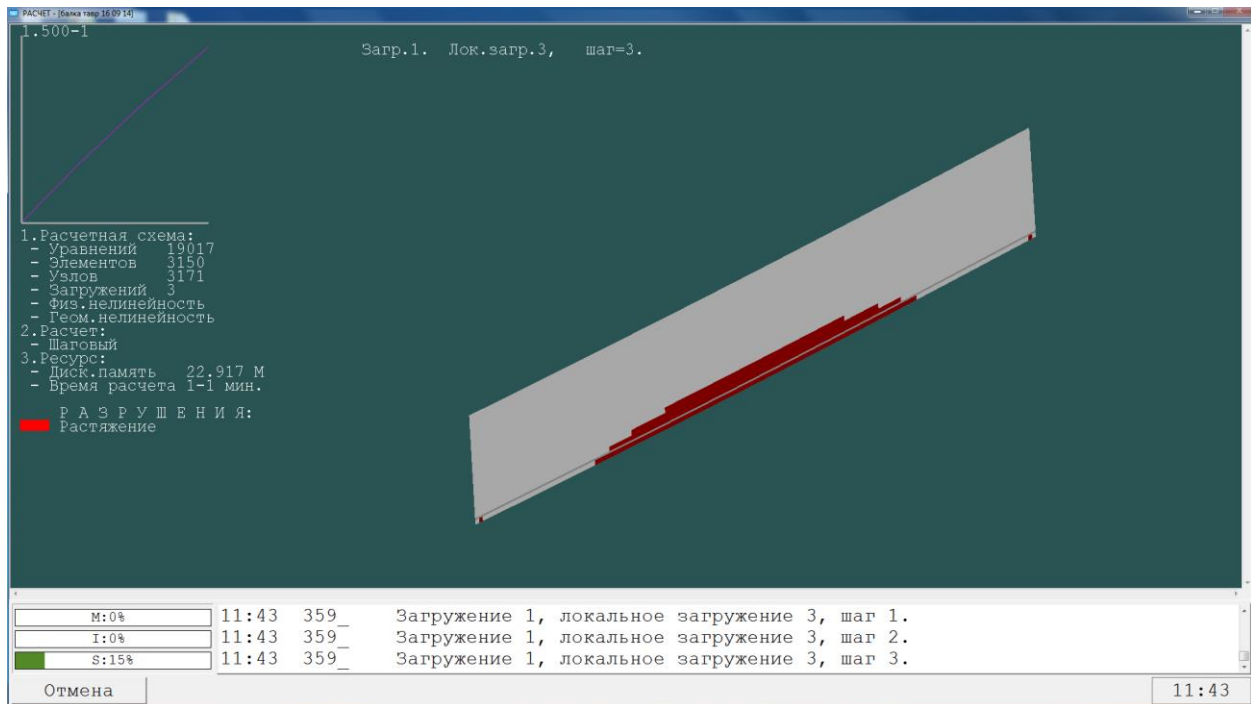


Прогиб балки равен 43,6 мм. Загрузка 1





## Расчет



## Расчет

Вывод: Прогиб у балки без предварительного напряжения равен 43,6 мм, а у балки с предварительным напряжением равен 4,36 мм, что в 10 раз меньше.