



УДК 624.012.4

Составители: Е.Г. Пахомова, Д.С. Волкова, Р.А. Марков

Рецензент к.э.н., доцент *А.В. Масалов*

**Определение физико-механических характеристик бетона:** методические указания по выполнению лабораторной работы по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции» для студентов всех форм обучения направления подготовки - Строительство / Юго-Зап. гос. ун-т; сост. Е.Г. Пахомова, Д.С. Волкова, Р.А. Марков. - Курск, 2023. - 13 с.: ил. 4, табл. 4. – Библиогр.: с. 13.

Содержат сведения об основных показателях свойств арматурной стали. Указывается порядок отбора образцов, выполнения и обработки результатов испытаний. Предназначены для студентов, обучающихся по направлению подготовки – Строительство всех форм обучения.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать

Формат 60x84 1/16.

Усл. печ. л. 0,75. Уч.-изд.л.0,68. Тираж 30 экз. Заказ *261* Бесплатно.

Юго-Западный государственный университет. 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября,

Цель работы: Определение физико-механических характеристик бетона при сжатии и растяжении

Задачи работы:

- определение прочности бетона на сжатие;
- определение прочности бетона на растяжение;
- определение призмочной прочности;
- определение начального модуля упругости.

### Образцы для испытаний

Физико-механические характеристики бетона определяют при испытании образцов, изготовленных в соответствии с ГОСТ 10180-90 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам».

#### Стандартные образцы для испытания бетона

Вид испытания	Форма образца	Геометрические размеры, мм
Определение прочности на сжатие и растяжение при раскалывании	Куб	100x100x100 150x150x150 200x200x200
	Цилиндр	Диаметр d: 100,150,200,300 Высота h=2d
Определение прочности на осевое растяжение	Восьмерка См. рис.	Сечение в средней части 70x70, 100x100, 150x150
Определение начального модуля упругости, призмочной прочности, прочности на растяжение при изгибе	Призма Квадратного сечения	100x100x400; 150x150x600; 200x200x800

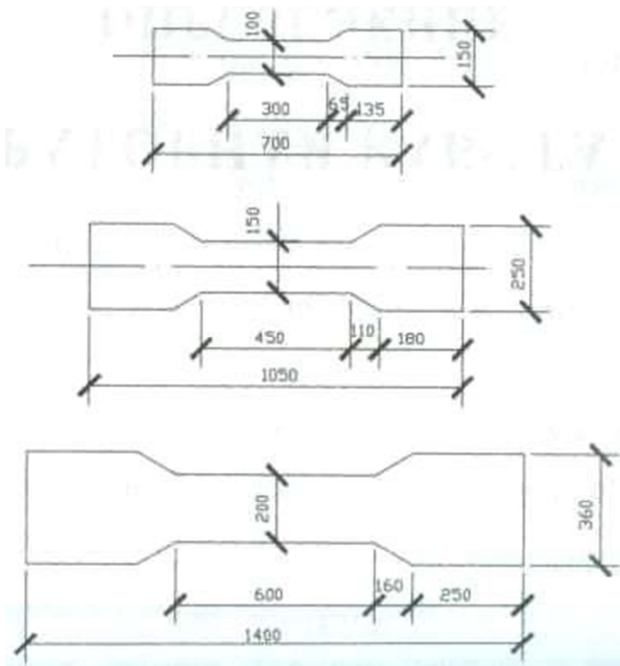


Рис. 1. Образцы восьмерки

Образцы изготавливают в формах по ГОСТ 22685-77 «Формы для изготовления контрольных образцов бетона. Технические условия».

Отклонение размеров контрольных образцов от номинальных не должно превышать 1% для отформованных и 4% для выпиленных или вырубленных.

Размеры образцов назначают в зависимости от крупности заполнителя (табл.1).

Таблица 1

Наибольший размер зерна заполнителя, мм	10 и менее	20	40	70	100
Наименьший размер образцов, мм	70	100	150	200	300

Образцы изготавливают сериями. Для стандартных производственных испытаний серия должна состоять из трех образцов. Для исследовательских испытаний число образцов в серии увеличивается (см. табл. ГОСТ 10180-90).

Укладка и уплотнение бетонной смеси подвижностью более 12 см производится слоями до 150 мм со штыкованием стержнем

диаметром 16 мм (1 нажим на 10 см<sup>2</sup> поверхности образца), при жесткости смеси менее 20 с или подвижности менее 12 см форму заполняют смесью с некоторым избытком и вибрируют на виброплощадке до полного уплотнения бетонной смеси. Для более жестких бетонных смесей на форме закрепляют насадку, высотой равной высоте формы. Форму с насадкой закрепляют на виброплощадке и заполняют смесью примерно до половины высоты насадки, устанавливают сверху пригруз, обеспечивающий давление не менее 4 кПа, и производят вибрирование в течение 30...60 с до прекращения оседания пригруза. Излишки бетона срезают, а поверхность заглаживают стальной плитой или кельмой.

Образцы, твердеющие в нормальных условиях (температура  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$  и влажность воздуха не менее  $(95 \pm 5)\%$ ), после их изготовления до распалубливания хранят в формах, покрытых влажной тканью или другим материалом в помещении при температуре воздуха  $(20 \pm 3)^\circ\text{C}$  в течение суток для бетонов класса В7,5 и выше и двух-трех суток для менее прочных бетонов.

Образцы перед испытанием должны 2...4 часа находиться в помещении лаборатории при температуре  $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$  и относительной влажности воздуха не менее 55 %. На образцах выбирают и отмечают грани, к которым будут приложены усилия при испытании, при этом слои укладки бетона должны быть параллельны усилиям (исключение составляют образцы, предназначенные для раскалывания, у них слои должны быть перпендикулярны действующим усилиям).

Измерения линейных размеров образцов производят с погрешностью  $\pm 1\%$ . Каждый линейный размер образца-куба или образца-восьмерки вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух измерений по серединам двух противоположных граней. Для определения диаметра образца-цилиндра на каждом торце измеряют по два взаимно-перпендикулярных диаметра. За диаметр принимается их среднеарифметическое значение. Результаты измерений линейных размеров и обнаруженные дефекты записывают в журнал испытаний.

## Испытание образцов. Обработка результатов

Испытание образцов производится на испытательных машинах или прессах, аттестованных организациями Госстандарта или ведомственными метрологическими службами. Ожидаемое значение разрушающего усилия должно лежать в интервале 20..80 % от максимальной нагрузки, допускаемой шкалой силоизмерителя испытательной машины или прессы. Тип (марку) испытательной машины (пресса, установки) и выбранную шкалу силоизмерителя записывают в журнале испытаний.

### Определение прочности бетона на сжатие

Приготовленные к испытанию образцы-кубы или цилиндры устанавливают одной из заранее выбранных граней на нижнюю опорную плиту прессы таким образом, чтобы смещение центра образца относительно центра плиты не превышало 1 % длины ребра куба или диаметра образца. Образцы-половинки призм помещают между двумя металлическими прокладками (рис. 2).

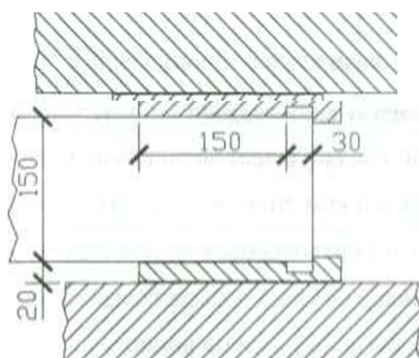


Рис. 2. Испытание образцов-половинок

Напряжение в образцах при нагружении должно возрастать непрерывно с постоянной скоростью  $(0,6 \pm 0,2)$  МПа/с до его разрушения.

Прочность бетона в МПа вычисляется для каждого образца по формуле:

$$R = \alpha \frac{P}{A_s} \quad (1)$$

где  $P$  - разрушающая нагрузка в Н;

A - рабочая площадь образца (среднее арифметическое площадей двух противоположных граней) в мм<sup>2</sup>;

A - масштабный коэффициент, определяемый в зависимости от размеров образца и принимаемый не менее значений, приведенных в табл.2.

Таблица 2

Форма и размеры образца	Кубы с ребром a, мм					Цилиндры h = 2d диаметром d, мм			
	70	100	150	200	300	70,100	150	200	300
Коэффициент $\alpha$	0,85	0,95	1,0	1,05	1,10	1,16	1,20	1,24	1,28

### Определение прочности бетона на растяжение

Прочность бетона на растяжение определяют при испытании образцов-восьмерок, образцов-призм на изгиб, образцов-кубов или цилиндров на раскалывание (рис.3)

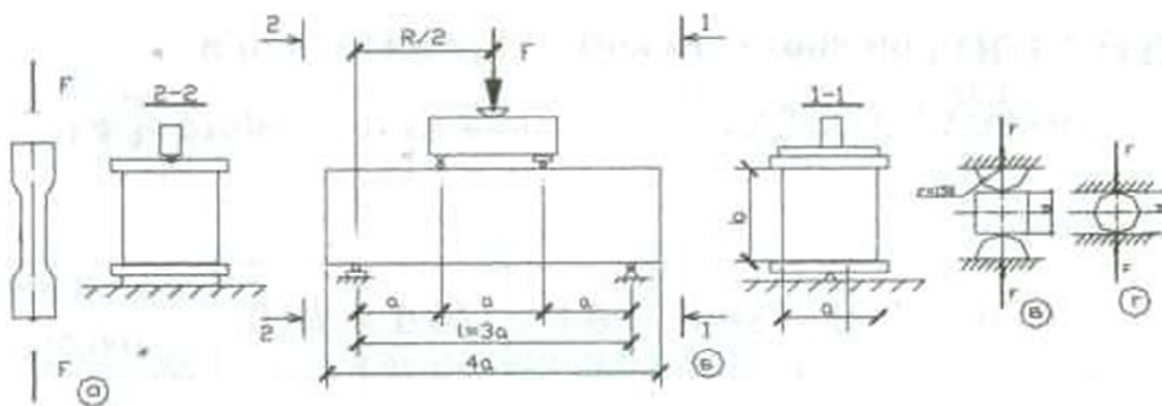


Рис. 3. Определение прочности бетона на растяжение

При испытании на осевое растяжение образец-восьмерка закрепляется в разрывной машине так, чтобы его геометрическая ось проходила через центры шарниров-захватов. Напряжение в образце должно возрастать со скоростью  $(0,05 + 0,02)$  МПа в секунду до разрушения.

Прочность бетона на осевое растяжение в МПа определяется по формуле:

$$R_{bt} = \beta \frac{P}{A_s} k_w, \quad (2)$$

где  $P$  - разрывное усилие в Н;

$A$  - площадь поперечного сечения образца в  $\text{мм}^2$ ;

$\beta$  - масштабный коэффициент, определяемый экспериментально ( $\beta = 0,85$ , если размер средней части  $70 \times 70$  мм;  $\beta = 0,92$  при  $100 \times 100$  мм;  $\beta = 1,0$  при  $150 \times 150$  мм;  $\beta = 1,08$  при  $200 \times 200$  мм).

При испытании образцов призм на растяжение при изгибе (рис. 3, б) напряжение должно возрастать со скоростью  $(0,05+0,02)$  МПа в секунду до разрушения.

Прочность бетона на растяжение при изгибе определяется по формуле

$$R_{bt} = \delta \frac{Pl}{ab^2} k_w, \quad (3)$$

где  $a$ ,  $b$  - ширина и высота сечения образца в мм;

$\delta$  - масштабный коэффициент, определяемый по табл. 5 [ГОСТ 10180-90] ( $\delta$  - можно принимать  $\delta = 1,0$ ).

При испытании образцов-кубов или цилиндров на растяжение при раскалывании (рис. 3, в, г) для равномерной передачи усилий можно в местах контактов образца-куба со стальными полуцилиндрами плит пресса устанавливать фанерные прокладки толщиной  $(4 \pm 1)$  мм и шириной  $(15 \pm 5)$  мм.

Прочность бетона на растяжение в МПа определяется по формуле:

$$R_{bt} = \gamma \frac{2P}{\pi A} k_w, \quad (4)$$

где  $A$  - площадь раскалывания в  $\text{мм}^2$  (для кубов  $A = a^2$ , для цилиндров  $A = dh$ );

$\gamma$  - масштабный коэффициент, определяемый экспериментально и принимаемый не менее значений, приведенных в табл. 3.



Таблица 3

Размеры образца, мм		Кубы				Цилиндры $h=2d$		
		70	100	150	200	100	150	200
$\gamma$	Тяжелый бетон	0,78	0,88	1,0	1,1	0,88	0,98	1,13
	Мелко-зернистый	0,87	0,92	1,0	1,05	0,92	0,99	1,08

### Определение начального модуля упругости и призмной прочности бетона по ГОСТ 24452-80

Начальный модуль упругости бетона и призмная прочность определяются при испытании стандартных образцов-призм на сжатие (рис.4). Для измерения продольных деформаций бетона на боковые грани призмы наклеивают 4 тензорезистора или устанавливаются 4 тензометра рычажного типа с базой 100 мм.

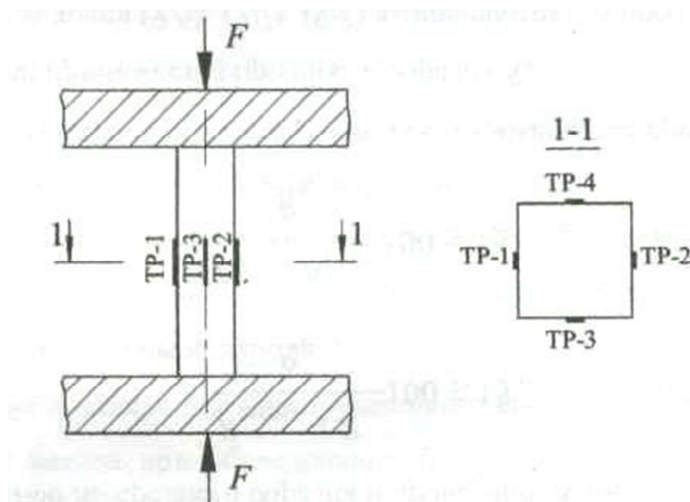


Рис.4. Схема испытания бетонной призмы

Испытание начинают с центрирования призмы, которое проверяется при нагрузке, составляющей примерно 20 % от разрушающей. Центрирование считается удовлетворительным, если деформации по граням призмы отличаются не более чем на 10 %.

Затем производят загрузку призмы со скоростью  $(0,6 \pm 0,2)$  МПа в секунду ступенями, равными 10 % от разрушающей нагрузки, кроме первых двух и последних 4...5 ступеней, которые принимают равными 5 % от разрушающей нагрузки. После каждой

ступени нагружения снимают отсчеты по тензOMETрам (тензорезисторам) и заносят в табл.4.

Таблица 4

Нагрузка P, Н	$\zeta=P/A$ МПа	Отсчеты по тензорезисторам				Сумма отсчетов	Приращение на этапе $\Delta y$	Сумма приращений $\Sigma \Delta y$	$\varepsilon = \frac{\Sigma \Delta y}{4}$
0	0								

Общее время испытаний не должно превышать 20 минут. Начальный модуль упругости бетона в МПа определяется по формуле

$$E_b = \frac{\sigma_{0,3} - \sigma_{0,05}}{\varepsilon_{0,3} - \varepsilon_{0,05}}, \quad (5)$$

где  $\zeta_{0,3}$ ,  $\zeta_{0,05}$  – напряжения в бетоне на этапах, соответствующих примерно 30% и 5% разрушающей нагрузки;

$\varepsilon_{0,3}$ ,  $\varepsilon_{0,05}$  - относительные деформации бетона, соответствующие напряжениям  $\zeta_{0,3}$  и  $\zeta_{0,05}$ .

Призменная прочность бетона в МПа определяется по формуле:

$$R_b = \frac{P_u}{A}, \quad (6)$$

где  $P_u$  — нагрузка при разрушении призмы в Н;

A - площадь поперечного сечения призмы в мм<sup>2</sup>.

## **Вопросы для самопроверки при подготовке к защите лабораторной работы**

1. Как определяют прочность бетона на сжатие, на каких контрольных образцах?
2. Как определяют прочность бетона на растяжение, на каких контрольных образцах?
3. Как определяют начальный модуль упругости бетона, на каких контрольных образцах?
4. Какой размер образцов принят за базовый?
5. Как влияют размеры образцов на результаты определения прочности бетона (масштабный фактор)?
6. На каком оборудовании производится испытание образцов на сжатие и растяжение? Как определяется величина нагрузки при испытании?
7. Какими приборами измеряются деформации бетона при определении начального модуля упругости бетона?
8. Почему различают призмную и кубиковую прочность бетона при сжатии?
9. Как разрушаются при испытании бетонные кубики (без смазки опорных граней), образцы-призмы и образцы-восьмерки?
10. Как определяется кубиковая и призмная прочность бетона?
11. В чем различие между марками и классами бетона по прочности на сжатие?
12. «Бетон - упруго-пластичный материал» - что это означает?
13. Как можно увеличить сопротивление бетона сжатию?
14. Что такое нормативное и расчетное сопротивление бетона?
15. Что такое ползучесть бетона?
16. Как влияют усадка и ползучесть бетона на прочностные и деформативные характеристики бетона?
17. Как определяется прочность бетона при обследовании бетонных и железобетонных конструкций (неразрушающие и разрушающие способы контроля)?
18. Какие приборы для неразрушающего способа контроля прочности бетона при обследовании бетонных и железобетонных конструкций вы знаете?
19. Как и в каких местах конструкции производится отбор образцов при разрушающем способе контроля прочности бетона?

20. Что делать с участками бетонных и железобетонных конструкций, из которых изъяты образцы для определения прочности бетона?

21. Как изменяется прочность бетона, определенная на «сухих» и «мокрых» образцах?

22. Каковы симптомы перегрузки бетонных и железобетонных конструкций при осевом и внецентренном сжатии?

23. Каковы симптомы перегрузки бетонных и железобетонных конструкций при растяжении и изгибе?

24. Каковы симптомы развития усадочных деформаций бетона в бетонных и железобетонных конструкциях?

25. Каковы симптомы развития деформаций ползучести в бетонных и железобетонных конструкциях?

26. Как влияют дефекты изготовления бетона (расслоения, трещины, некачественные уплотнения и др.) на его прочностные и деформативные характеристики?

27. Как влияет снижение прочности бетона на несущую способность и деформативность сжатых и изгибаемых бетонных и железобетонных конструкций?

28. Какие примеры бетонных конструкций вы знаете?

29. Чем обеспечивается защита арматуры от коррозии в бетоне?

30. Каковы способы повышения прочности бетона?

31. Каковы способы снижения деформативности бетона?

32. Каковы способы снижения усадочных напряжений в бетоне?

33. Какие напряжения возникают в арматуре и бетоне железобетонных конструкций при усадке бетона?

34. Как влияет длина конструкции на величину усадочных напряжений бетона?

35. Какими решениями снижаются температурно-усадочные деформации в протяженных бетонных и железобетонных конструкциях?

## **Библиографический список**

1. ГОСТ 10180-90.