

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Набережночелнинский институт (филиал)  
федерального государственного автономного  
образовательного учреждения высшего образования  
"КАЗАНСКИЙ (ПРИВОЛЖСКИЙ) ФЕДЕРАЛЬНЫЙ

УНИВЕРСИТЕТ"

ИСПЫТАНИЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ БАЛКИ  
С РАЗРУШЕНИЕМ ПО НОРМАЛЬНОМУ СЕЧЕНИЮ

Методические указания к лабораторной работе №1  
по дисциплине "Железобетонные конструкции"  
для студентов очной и заочной  
форм обучения бакалавров  
по направлению 08.03.01 "Строительство"

Набережные Челны  
2016 г.

УДК 624.12 (075.8)

Испытание железобетонной балки с разрушением по нормальному сечению. Методические указания к лабораторной работе №1 по дисциплине “Железобетонные и каменные конструкции” для студентов очной и заочной форм обучения бакалавров по направлению 08.03.01 “Строительство”.

/Составители: Корчагин О.П., Халиков Д.А.

Набережные Челны; Набережночелнинский институт К(П)ФУ ,  
2016,с ...

В методических указаниях изложен порядок выполнения лабораторной работы №1. Приведены контрольные вопросы.

Методические указания являются приложением к пакету программ для ЭВМ к лабораторным работам по курсу “Железобетонные и каменные конструкции” и предназначены для студентов дневной и заочной форм обучения.

Библиогр. 2 назв.

Рецензент к.т.н., доцент кафедры “Промышленного, гражданского строительства и строительных материалов” А.В. Столбов.

Печатается по решению.....

Набережночелнинский институт К(П)ФУ, 2016 г.

## Введение.

В соответствии с учебным планом специальности “Строительство” по дисциплине “Железобетонные и каменные конструкции” студенты очной и заочной форм обучения выполняют лабораторную работу №1 “Испытание железобетонной балки с разрушением по нормальному сечению”.

Испытываемая железобетонная балка относится к изгибаемым элементам , подверженным действию одного изгибающего момента.

Целью данной лабораторной работы является исследование прочности изгибаемой железобетонной балки поциальному сечению ознакомление с процессом образования и развития нормальных трещин.

Порядок выполнения работы:

1. Изучение теоретического материала, изложенного в данных методических указаниях.
2. Просмотр на компьютере видеороликов:
  - испытание (раздавливание на прессе) образцов (кубиков) бетона;
  - испытание образцов стали на растяжение;
  - испытание балки.
3. Выполнение на компьютере лабораторной работы:

- исходные данные для каждого отдельного включения программ компьютер задает индивидуально;
- необходимо внимательно следить за экраном, исполняя команды компьютера;
- после выполнения последнего пункта программы, необходимо напечатать лабораторную работу и оформить её для защиты .

4. Защита лабораторной работы и ответы на контрольные вопросы.

1. Определение расчётных характеристик бетона.  
 1.1. Средняя кубиковая прочность бетона определена по испытаниям (раздавливанием на прессе) трёх кубиков из тяжелого бетона размером 15\*15\*15 см через 28 дней твердения в нормальных условиях (температура воздуха  $+20^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$  и относительной влажности 90÷100%), соответствующих бетону испытываемой балки:

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + R_3}{3};$$

1.2. Призменная прочность бетона, отвечающая средней кубиковой прочности:

$$\bar{R}_b = (0,77 - 0,00125\bar{R}) * R;$$

1.3. Прочность бетона при осевом растяжении , отвечающая средней кубиковой прочности:

$$R_{bt} = 5 * R / (45 + \bar{R});$$

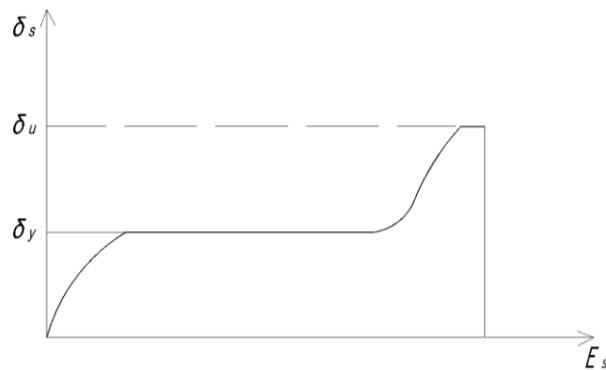
1.4. Начальный модуль упругости бетона, отвечающий средней кубиковой прочности:

$$E_b = 55000 * R / (27 + \bar{R})$$

2. Определение расчётных характеристик арматуры.

2.1. По результатам испытания на растяжение трёх образцов стали, с площадкой текучести, соответствующей рабочей арматуре балки , строится диаграмма “ $\sigma_s - \varepsilon_s$ ”.

По диаграмме определяются пределы текучести  $\sigma_{y1}, \sigma_{y2}, \sigma_{y3}$  :

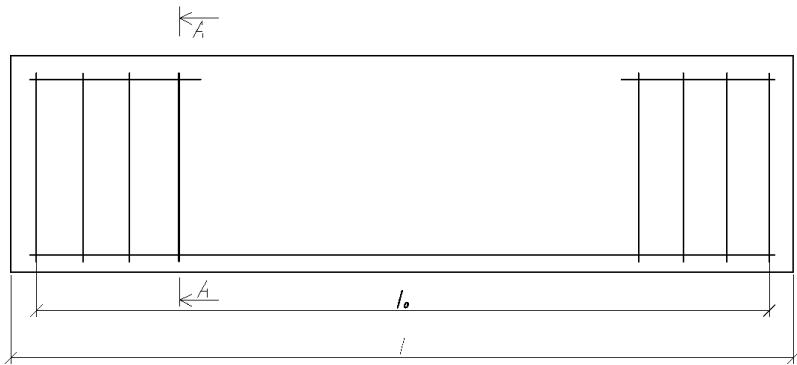


$\sigma_y$ - напряжение, соответствующее физическому пределу текучести.

2.2. В качестве расчётного сопротивления арматуры принимается среднее значение физического предела текучести:

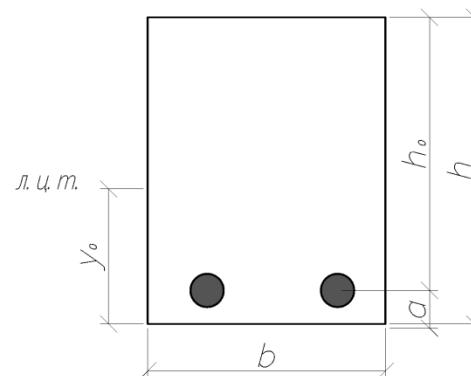
$$R_s = 0,75 * (\sigma_{y1} + \sigma_{y2} + \sigma_{y3})/3 ;$$

3. Геометрические размеры и схема армирования балки



4. Определение геометрических характеристик приведенного сечения.

л.ц.т.- линия, проходящая через центр тяжести приведенного сечения



Здесь:  $h$ - высота сечения,  $b$ - ширина сечения;

$a$ -расстояние от нижней (наиболее растянутой) грани сечения до центра тяжести арматуры (растянутой)  $A_s$  ;

$A_s$ - площадь поперечного сечения всей растянутой ненапрягаемой арматуры.

4.1. Определение коэффициента  $\alpha_s$ :

$\alpha_s = \frac{E_s}{E_b}$ , где  $E_s$ - модуль упругости арматуры,  $E_b$ - модуль упругости бетона

$E_s = 2 * 10^5$  МПа – для стержневой арматуры.

4.2. Площадь приведенного сечения:

$$A_{red} = b * h + \alpha_s * A_s ;$$

4.3. Статический момент площади приведенного сечения относительно нижней грани:

$$S_{red} = b * \frac{h^2}{2} + \alpha_s * A_s * a$$

4.4. Расстояние от центра тяжести приведенного сечения до нижней грани:

$$y_0 = S_{red}/A_{red}$$

4.5. Момент инерции приведенного сечения относительно центра тяжести приведенного сечения

$$J_{red} = b * \frac{h^3}{12} + b * h * (y_0 - \frac{h}{2})^2 + \alpha_s * A_s (y_0 - a)^2$$

4.6. Момент сопротивления приведенного сечения относительно нижней грани:

$$W_{red} = \frac{J_{red}}{y_0}$$

4.7. Упругопластический момент сопротивления относительно нижней грани:

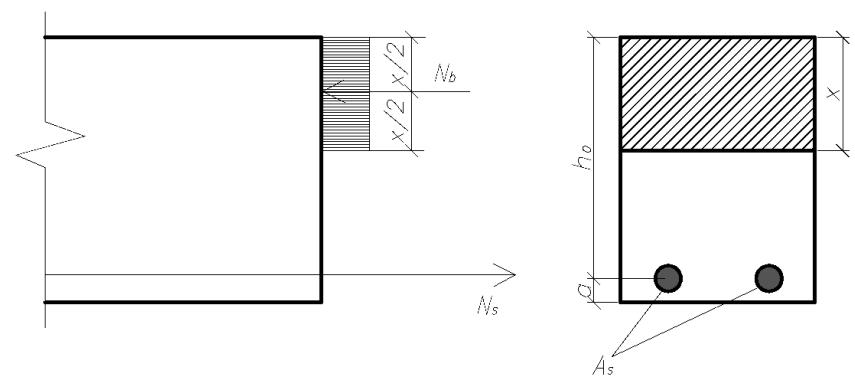
$$W_{pl} = 1,75W_{red} \quad (\text{здесь: } 1,75\text{- коэффициент для прямоугольного сечения})$$

5. Определение теоретического момента трещинообразования

Теоретический момент трещинообразования:

$$M_{crc,cal} = R_{bt} * W_{pl}$$

6. Определение теоретического разрушающего момента.



$$N_s - N_b = 0$$

$$N_s = R_s * A_s$$

$$N_b = x * b * R_b$$

6.1. Высота сжатой зоны в стадии разрушения:

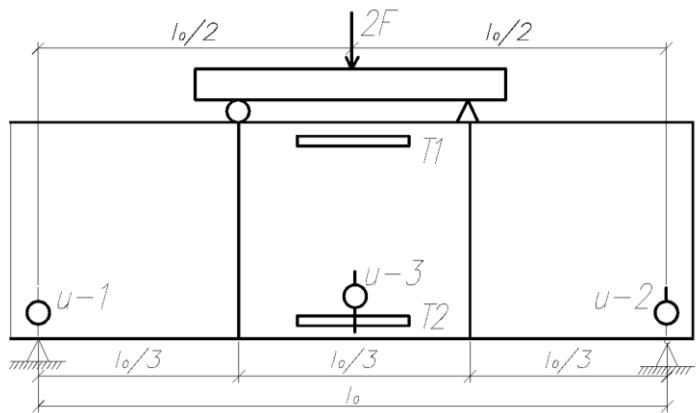
$$x = R_s * A_s / R_b * b ; \quad (\text{х из условия } N_s - N_b = 0, \text{ где } N_s = R_s * A_s, \text{ а } N_b = x * b * R_b)$$

6.2. Теоретическое значение разрушающего момента:

$$M_{ul,cal} = R_b * b * x(h_0 - \frac{x}{2})$$

7. Схема загружения балки.

7.1. Схема загружения балки и размещение измерительных приборов:

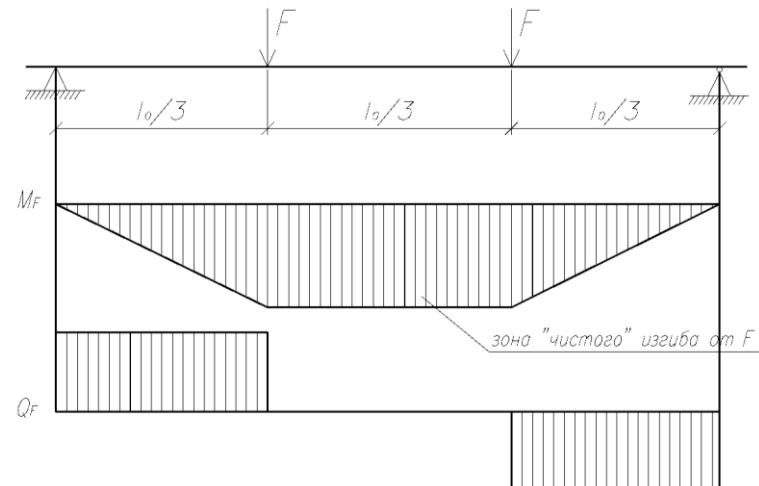


Здесь: 2F- нагрузка от пресса;

u-1, u-2, u-3 – индикаторы часового тока (для измерения перемещений в вертикальной плоскости);

T1, T2- рычажные тензометры для измерения деформаций бетона.

7.2. Расчётная схема балки:



7.3. Вес загрузочных устройств  $F=0,2 \text{ кН}$ ;

7.4. Собственный погонный вес балки  $g=b*h*0,000025 \text{ [Н/мм]}$ ,  
здесь  $b$  и  $h$  – в мм;

7.5. Нагрузка, соответствующая теоретическому моменту трещинообразования:

$$F_{crc,cal} = \frac{3M_{crc,cal}}{l_0} - 3 * g * l_0 / 8 - 0,5P;$$

7.6. Нагрузка, соответствующая теоретическому разрушающему моменту:

$$F_{ul,cal} = \frac{3M_{ul,cal}}{l_0} - 3 * g * l_0 / 8 - 0,5P;$$

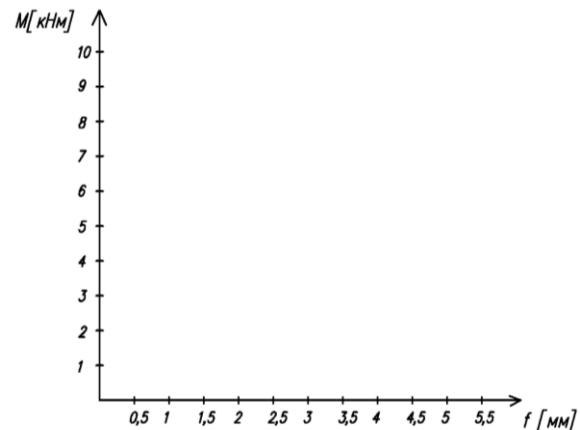
8. Испытание балки.

8.1. Нагрузка прикладывается к балке ступенями :

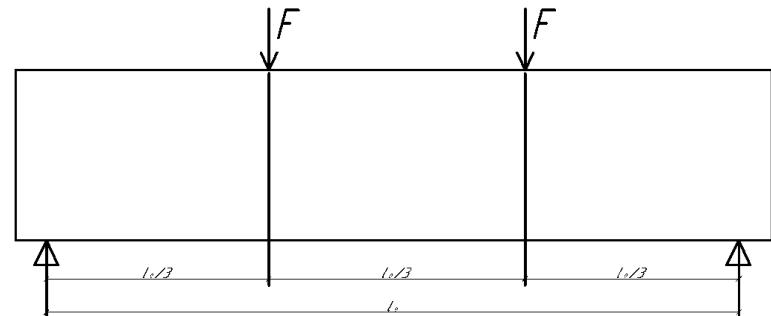
до уровня 50% от разрушающей величина одной ступени составляет 0,1 от разрушающей, далее по 0,05.

6.2. В процессе испытаний устанавливается величина нагрузки, отвечающая образованию трещин  $F_{crc,exp}$  и разрушающая нагрузка  $F_{ul,exp}$ .

8.3. По результатам испытания строят график “ $M - f$ ” зависимости прогиба балки об изгибающего момента с указанием  $M_{crc,cal}$



8.4. Составить схему образовавшихся трещин по результатам испытания балки:



9. Сопоставление теоретических и экспериментальных значений.

9.1. Сравнение опытного и теоретического уровней трещинообразования

9.1.1. Опытный момент трещинообразования

$$M_{crc,exp} = (F_{crc,exp} + 0,5P) * \frac{l_0}{3} + g * \frac{l_0^2}{8}$$

9.1.2. Величина отклонения в %

$$\frac{(M_{crc,cal} - M_{crc,exp})}{M_{crc,cal}} * 100\%$$

9.2. Сравнение опытного и теоретического разрушающих моментов.

9.2.1. Опытный разрушающий момент:

$$M_{ul,exp} = (F_{ul,exp} + 0,5P) \frac{l_0}{3} + \frac{gl_0^2}{8};$$

7.2. Величина отклонения в % :

$$\frac{(M_{ul,cal} - M_{ul,exp})}{M_{ul,cal}} * 100\%$$

9.3. Определение уровня трещинообразования.

9.3.1. Теоретический уровень трещинообразования

$$\frac{M_{crc,cal}}{M_{ul,cal}} * 100\%$$

9.3.2. Экспериментальный уровень трещинообразования

$$\frac{M_{crc,exp}}{M_{ul,exp}} * 100\%$$

10. Выводы и заключение о результатах испытаний.

11. Контрольные вопросы.

11.1. Прочностные характеристики бетона и арматуры. (с.15-18 [1], с.93-95 [1])

11.2. При стадии напряженно-деформированного состояния элементов без напрягаемой арматуры. (с.77-80 [1])

11.3. Процесс развития трещин в растянутых зонах бетона (с.80-81 [1])

11.4. Два случая разрушения изгибаемых элементов по нормальному сечению (с.79 [1])

11.5. Значение экспериментальных исследований (с.76-77 [1])

11.6. Классификация арматуры по различным признакам (с.36-37 [1])

Литература.

1. Байков В.Н., Сигалов Э.Е.. Железобетонные конструкции. Общий курс.-М.; Издательство АТП ; 2014, 753 с.
2. СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003. М.; 2012, с. 155.