

Практическое занятие № 1

ОБСЛЕДОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ.

1. АКУСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И МАТЕРИАЛОВ

Одними из распространенных неразрушающих методов исследований строительных конструкций, применяемых при обследовании зданий или сооружений, являются акустические методы. Данные методы основаны на возбуждении упругих механических колебаний. По параметрам этих колебаний и условиям их распространения судят о физико-механических характеристиках и состоянии исследуемого материала.

Колебания могут быть: ультразвуковые методы (с частотой от 20 тыс. Гц и выше), звуковые (от 20 до 20 тыс. Гц), инфразвуковые (до 20 Гц).

Наибольшее распространение в области обследования и испытания строительных конструкций нашли ультразвуковые колебания. Для возбуждения ультразвуковых волн на поверхность исследуемого материала устанавливают преобразователи электрического тока в механические колебания. Чаще всего они действуют по принципу пьезоэффекта. Поскольку воздушные прослойки препятствуют передаче и приёму ультразвуковых колебаний, между преобразователями и исследуемым материалом наносят контактирующую среду; для металла применяют обычно минеральное масло; для бетона и других материалов с неровной поверхностью необходимы – солидол, технический вазелин, эпоксидные смолы.

Ультразвуковые колебания могут быть введены в исследуемую среду узким направленным пучком-«лучом». Они переходя из одной среды в другую преломляются, а также отражаются от граней, разделяющих эти среды. В воздушных прослойках – почти полностью затухают.

Скорость распространения волн является одним из основных показателей при оценке физико-механических характеристик и состояния бетона, древесины и других материалов с переменной плотностью и влажностью.

Задача 1. Определение глубины трещины в железобетонных конструкциях

С использованием ультразвукового прибора выполнили поверхностное прозвучивание участка железобетонной конструкции с трещиной по схеме, указанной на рис. 1.1.

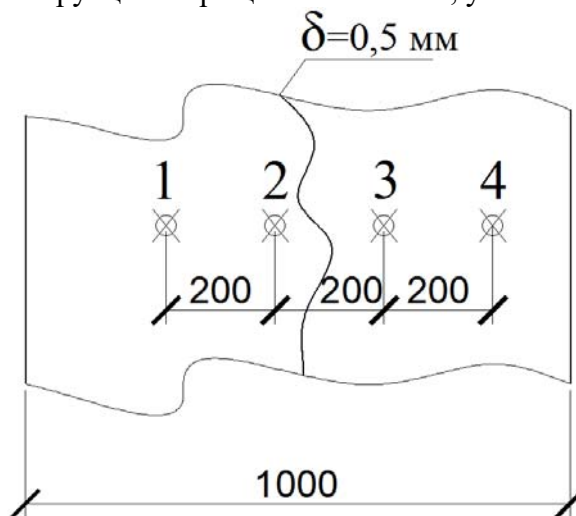


Рис. 1.1. Схема проведения измерений

В результате измерений получили следующие значения времени прозвучивания:

$$t_{1-2} = 52,5 \cdot 10^{-6}, \text{ с}$$

$$t_{2-3} = 67,3 \cdot 10^{-6}, \text{ с}$$

$$t_{3-4} = 51,6 \cdot 10^{-6}, \text{ с}$$

Требуется определить глубину развития трещины.

Решение

Законы распространения ультразвукового импульса предусматривают фиксирование регистрирующей аппаратурой первого вступления фронта прямой продольной волны, дифрагирующей у основания трещины. Приведенное огибание является менее энергозатратным процессом, чем двукратное пересечение границы сред (воздух-бетон) УЗ импульсом. Т.е. ультразвук проходит по исследуемому материалу кратчайшим возможным путем, не пересекая трещину, а огибая ее.

В данной задаче глубину трещины определяют по формуле:

$$h = \frac{v}{2} \cdot \sqrt{t_1^2 - t^2} \quad (1.1)$$

где v – скорость ультразвукового импульса на участке без трещины, м/с:

t – время распространения УЗ за данной базе без трещины, с;

t_1 – время распространения УЗ за данной базе через трещину, с:

Скорость ультразвукового импульса на участке без трещин определяем по формуле:

$$v = \frac{\frac{0,2}{t_{1-2}} + \frac{0,2}{t_{3-4}}}{2} = \frac{\frac{0,2}{52,5} + \frac{0,2}{51,6}}{2} = 3810 \text{ м/с} \quad (1.2)$$

Определяем глубину трещины:

$$h = \frac{3810}{2} \cdot \sqrt{67,3^2 - \left(\frac{52,5 + 51,6}{2}\right)^2} = 0,081 \text{ м}$$

Задача 2. Обнаружение и локализация дефекта

При дефектоскопии (прибор «Пульсар» с частотой УЗ сигнала 60 кГц) участка аэродромного покрытия методом поверхностного прозвучивания были получены значения времени прохождения ультразвукового сигнала, приведенные в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Результаты ультразвукового прозвучивания

№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
1	20	52,3
2	40	104,8
3	60	168,4
4	80	215,9
5	100	335,1
6	120	395,2
7	140	369,2
8	160	418,7
9	180	469,8
10	200	528,5

Необходимо построить годограф скорости и выполнить анализ полученных данных.

Решение

Выполняем построение годографа скорости (рис. 2.1) по полученным значениям в табл. 1.1. Для построения графика можно, например, использовать возможности редактора таблиц из Microsoft Excel.

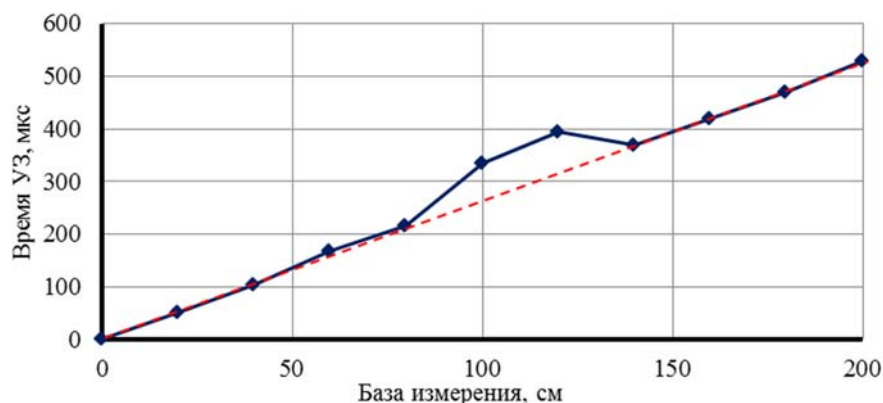


Рис. 2.1. Годограф скорости ультразвука

Анализ годографа скорости ультразвука показывает, что на исследуемом 2-х метровом участке аэродромного покрытия имеется дефектная зона размером около 60см.

При этом максимальную примерную глубину расположения дефекта (h) определяют по формуле:

$$h = 1,5 \cdot \frac{v}{f} \quad (2.1)$$

где v – скорость ультразвукового импульса в материале, м/с:

f – частота ультразвукового импульса, Гц;

$$h = 1,5 \cdot \frac{\frac{2}{528,5}}{60000} = 0,095 \text{ м}$$

Снижение скорости ультразвукового импульса на расстоянии от 80 до 140см от начала прозвучивания позволило сделать заключение о том, что на этом участке имеется зона поврежденного бетона (наличие непровибрированного, замороженного бетона, бетона с более низкой прочностью или с наличием дефекта). На данном участке следует локализовать дефект и выполнить ремонтно-восстановительные работы.

Задача 3. Определение прочности бетона конструкции

При ультразвуковых испытаниях бетона фундаментной плиты получили приведенные значения времени прохождения ультразвуковых колебаний. К какому классу по прочности можно отнести бетон фундаментной плиты, если градуировочная зависимость «прочность-скорость ультразвука» имеет вид:

$$R = 0,0126V - 30.04 \quad (3.1)$$

где R – нормативная прочность бетона, МПа;

V – скорость ультразвукового импульса, м/с;

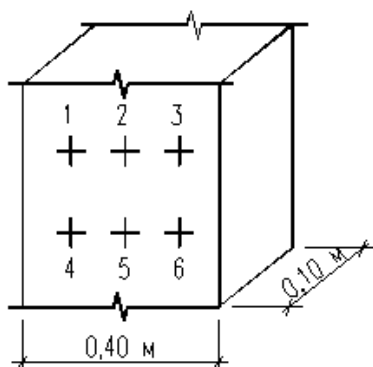


Рис. 3.1. Схема прозвучивания

В результате прозвучивания были получены следующие значения времени прохождения ультразвука:

$$t_1 = 24,9 \cdot 10^{-6}, \text{ с}$$

$$t_2 = 25,1 \cdot 10^{-6}, \text{ с}$$

$$t_3 = 25,0 \cdot 10^{-6}, \text{ с}$$

$$t_4 = 24,6 \cdot 10^{-6}, \text{ с}$$

$$t_5 = 25,2 \cdot 10^{-6}, \text{ с}$$

$$t_6 = 24,7 \cdot 10^{-6}, \text{ с}$$

Решение

Фактический класс бетона колонн можно определить по формуле:

$$B^* = \bar{R} \cdot (1 - 1,64 \cdot \nu) \quad (3.2)$$

где $\bar{R}$ – средняя прочность бетона

ν – коэффициент вариации

Средняя прочность бетона определяется по формуле:

$$\bar{R} = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n} \quad (3.3)$$

Коэффициент вариации определяется по формуле:

$$\nu = S_R / \bar{R} \quad (3.4)$$

где S_R – стандарт отклонения прочности бетона, определяемый по формуле:

$$S_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\bar{R} - R_i)^2}{n - 1}} \quad (3.5)$$

Результаты вычислений заносим в таблицу, учитывая, что скорость ультразвукового импульса определяют, как отношение базы к времени прохождения сигнала по формуле:

$$V = b / t \quad (3.6)$$

Таблица 3.1

Результаты вычислений

№ испытания	Скорость ультразвука V , м/с	Прочность бетона по градуировочной зависимости R_i , МПа	Средняя прочность бетона $\bar{R}$, МПа	$(\bar{R} - R_i)^2$	Стандарт отклонения S_R	Коэффициент вариации ν , %
1	4016	20.6	20.53	0,0009	0,471	2.29
2	3984	20.2		0,1391		
3	4000	20.4		0,0297		

№ испытания	Скорость ультразвука V , м/с	Прочность бетона по градуировочной зависимости R_i , МПа	Средняя прочность бетона $\bar{R}$, МПа	$(\bar{R} - R_i)^2$	Стандарт отклонения S_R	Коэффициент вариации v , %
4	4065	21.2		0.4190		
5	3968	20.0		0.3274		
6	4049	21.0		0.1935		

Определяем фактический класс бетона конструкции:

$$B^* = 20.53 \cdot (1 - 1,64 \cdot 0,0229) = 20$$

В соответствии с таблицей 6.8. СП 63.13330 «Бетонные и железобетонные конструкции», принимаем ближайший в сторону запаса существующий класс бетона. Для конкретного случая принимаем класс бетона В20.

2. РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕННЫХ ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ

В общем случае, когда говорят об обследовании, то имеют в виду, что проводится собственно обследование, т.е. определение фактических технических и эксплуатационных показателей строительных конструкций. Однако, обязательной составной частью обследования является оценка технического состояния строительных конструкций на основе полученных данных и результатов поверочных расчетов, а также, при необходимости, и прогнозирование их остаточного ресурса.

Результаты обследования и оценки (фактические данные о размерах конструкций и их элементов, о размерах и расположении дефектов, о фактических физико-механических показателях материалов конструкций) являются исходными данными для проектной организации, которая будет проектировать ремонтно-восстановительные работы.

В настоящее время действуют два национальных стандарта на методы обследования несущих строительных конструкций СП 13-102-2003 ("Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений") и ГОСТ 31937-2011 (взамен ГОСТ Р 53776-2010) ("Здания и сооружения Правила обследования и мониторинга технического состояния").

Согласно Распоряжение Правительства Российской Федерации от 26 декабря 2014 г. № 1521 ГОСТ 31937-2011.входит в число документов, составляющих доказательную базу Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», т.е. имеет статус документа, обязательного для использования. СП 13-102-2003 же имеет статус документа, рекомендуемого для использования.

По данным нормативным документам выделяют следующие основные категории технического состояния зданий.

Работоспособное состояние - категория технического состояния, при которой некоторые из оцениваемых контролируемых параметров не отвечают требованиям проекта или норм, но в конкретных условиях эксплуатации не приводят к нарушению работоспособности, и несущая способность конструкций и грунтов основания обеспечивается.

Ограниченно работоспособное состояние - при которой имеются дефекты и повреждения, приведшие к некоторому снижению несущей способности, но отсутствует опасность внезапного разрушения и функционирование конструкции возможно при контроле ее состояния, продолжительности и условий эксплуатации.

Аварийное состояние - категория технического состояния конструкции или здания и сооружения в целом, характеризующаяся повреждениями и деформациями, свидетельствующими об исчерпании несущей способности и опасности обрушения (необходимо проведение срочных противоаварийных мероприятий).

Задача 4. Прогнозирование остаточного ресурса железобетонных конструкций

Требуется рассчитать остаточный ресурс железобетонного элемента после 25 лет эксплуатации, если известно, что на момент обследования (25 лет) прочность бетона равна 160 кгс/см^2 , а при вводе здания в эксплуатацию, согласно исполнительной документации, прочность была 180 кгс/см^2 . Марка бетона по проекту М150. Конструкция эксплуатируется при влажности окружающей среды 75%.

Решение

В соответствии с п. 8.1 РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012 остаточный ресурс ЖБК определяется по анализу прочности бетона. Зависимость прочности бетона от времени в СТО РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012 имеет вид:

$$R_b(t) = R_{b0} \cdot (1 + \alpha \cdot \log t) - k_R \cdot (t - t_0) \quad (4.1)$$

где R_{b0} – прочность бетона в момент времени t_0 (в начальный период);

t и t_0 – возраст бетона в годах;

α – коэффициент, характеризующий интенсивность прироста прочности бетона со временем;

k_R – коэффициент интенсивности снижения прочности бетона вследствие деструктивных процессов, $\text{кгс/см}^2 \cdot \text{год}$.

Коэффициент α принимается в соответствии с рекомендациями п. 7.2.3.2. СТО РД ЭО 1.1.2.99.0867-2012 для нахождения в воздушной среде при влажности не менее 70...80% - 0,3.

Коэффициент k_R вычисляется из базовой зависимости (3.1.) по формуле:

$$k_R = \frac{R_{b0} \cdot (1 + \alpha \cdot \log t_{\text{обсл}}) - R_{b.\text{обсл}}}{(t_{\text{обсл}} - t_0)} \quad (4.2)$$

где $R_{b.\text{обсл}}$ – прочность бетона на момент обследования.

$$k_R = \frac{180 \cdot (1 + 0,3 \cdot \log 25) - 160}{(25 - 1)} = 3,97 \text{ кгс/см}^2 \cdot \text{год}$$

Определяем время эксплуатации, при котором прогнозируемая прочность бетона будет ниже прочности, соответствующей марке М150 (180 кгс/см^2).

Определим прогнозируемую прочность при сроке эксплуатации 35 лет:

$$R_b(35) = 180 \cdot (1 + 0,3 \cdot \log 35) - 3,97 \cdot (35 - 1) = 128 \text{ кгс/см}^2$$

Интерполяцией определяем срок эксплуатации, при которой прочность бетона будет равна 150 кгс/см^2 . В результате получаем, что чуть более чем через 3 года прогнозируемая прочность бетона окажется ниже проектного значения в 150 кгс/см^2 .

Задача 5. Расчет железобетонных конструкций

Определить допустимую нагрузку на железобетонную балку после освидетельствования ее неразрушающими методами. Класс бетона балки В25. Характеристики сечения и расчетная схема представлены на рис. 5.1. Коэффициент условия работы $\gamma_B = 1,0$.

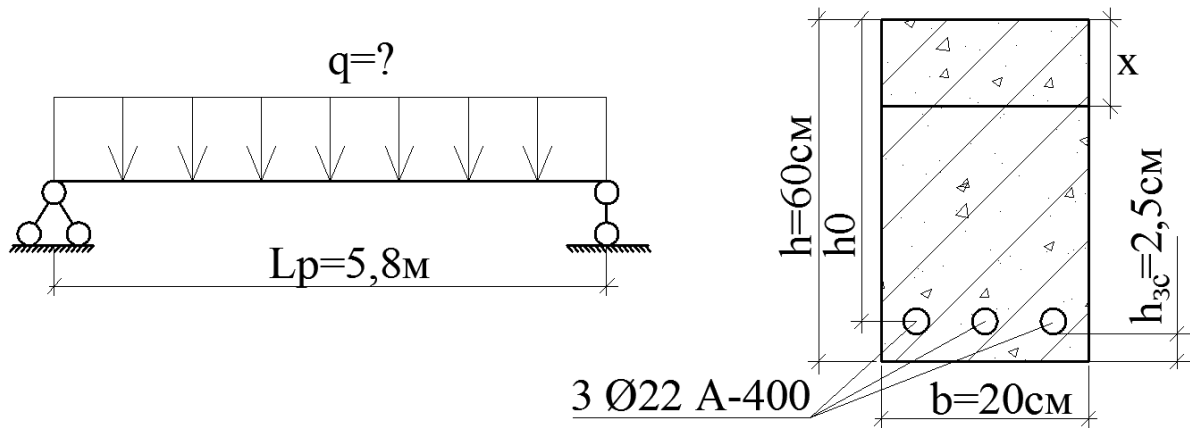


Рис. 5.1 Расчетные параметры элемента

Решение

По СП 52-101-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции без предварительного напряжения арматуры» определяем расчетные значения сопротивления бетона на сжатие ($R_b = 14,5$ МПа) и сопротивление арматуры на растяжение ($R_s = 335$ МПа).

Расчет прочности изгибаемой балки выполняем по нормальным сечениям. Прочность сечения балки обеспечивается если расчетный момент M_{max} от внешней нагрузки не превышает расчетного момента M_u внутренних усилий относительно центра тяжести сечения растянутой арматуры:

$$M_{max} \leq R_b \cdot b \cdot x \cdot \left(h_0 - \frac{x}{2}\right) \cdot \gamma_B \quad (5.1)$$

где x – высота сжатой зоны бетона, определяемая по формуле:

$$x = \frac{R_s \cdot A_s}{R_b \cdot b \cdot \gamma_B} \quad (5.2)$$

где A_s – площадь сечения арматуры растянутой зоны, определяемая по формуле:

$$A_s = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot n = \frac{3,14 \cdot 2,2^2}{4} \cdot 3 = 11,4 \text{ см}^2 \quad (5.3)$$

Отсюда:

$$x = \frac{335 \cdot 11,4}{14,5 \cdot 20 \cdot 1} = 13,9 \text{ см}$$

где b – ширина сечения элемента, см;

h_0 – расстояние от центра тяжести арматуры до сжатой поверхности железобетонного элемента, определяем по формуле:

$$h_0 = h - h_{3c} - \frac{d}{2} = 60 - 2,5 - \frac{2,2}{2} = 56,4 \text{ см} \quad (5.4)$$

Определяем расчетный максимальный момент, который может выдержать балка при изгибе:

$$M_{max} = 145 \cdot 20 \cdot 13,9 \cdot \left(56,4 - \frac{13,9}{2}\right) \cdot 1 = 19,93 \cdot 10^5 \text{ кгс} \cdot \text{см} = 199,3 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Максимальный изгибающий момент от действия равномерно распределенной внешней нагрузки, согласно расчетной схеме, определяют по формуле:

$$M_n = \frac{q \cdot L^2}{8} \quad (5.5)$$

Отсюда, из условия $M_n = M_{max}$, определяем предельную допускаемую распределенную нагрузку:

$$q = \frac{8 \cdot M_n}{L^2} = \frac{8 \cdot 199,3}{5,8^2} = 47,4 \text{ кН/м}$$

Практическое занятие № 2

ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ.

Усиление элементов сооружения производят в основном, в случаях физического износа конструкций, аварийного воздействия или в результате изменения величины нормативных нагрузок.

Проектирование восстановления или усиления зданий следует производить на основе следующих данных:

- Технического обследования и обмеров поврежденных конструкций;
- Наличие строительных материалов, средств восстановления и технического оснащения подрядной организации;
- Геологические и климатологические условия нахождения объекта обследования;
- Техничко-экономическое обоснование обследования.

Задача 1. Усиление стальной балки перекрытия

Рассчитать усиление стальной балки перекрытия с шарнирным опиранием пролетом $L = 4,5$ м из прокатного двутавра №24, запроектированный под расчетную нагрузку $q = 20$ кН/м в связи с увеличением нагрузки до $q_R = 40$ кН/м, при коэффициенте $\gamma_c = 0,9$. В результате проведенного обследования установлено отсутствие сплошных коррозионных повреждений, расчетное сопротивление стали $R_y = 200$ МПа. Усиление производить четырьмя равнополочными уголками. Предельный прогиб $f_{\text{пред}} = L/200$.

Решение

Условие прочности балки представлено в виде:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{M_{\max} \cdot h}{I_x \cdot 2} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (1.1)$$

Здесь момент инерции сечения усиленной балки будет складываться из момента инерции основного сечения и сечения усиления, расположенного на расстоянии y_2 от оси и будет определен по формуле:

$$I_x = I_{x1} + 4(I_{x2} + y_2^2 \cdot A_2) \quad (1.2)$$

Где момент инерции двутавра №24 принимаем по сортаменту $I_{x1} = 3460 \text{ см}^4$.

$$y_2 = \frac{h_1}{2} - z_0 \quad (1.3)$$

где z_0 – расстояние от внешней грани уголка усиления до его центра тяжести, см.

Определяем изгибающий момент по формуле:

$$M_{\max} = \frac{q \cdot L^2}{8} \quad (1.4)$$

Для однопролетной шарнирно опертой балки значение прогиба определяют по формуле:

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_x} \quad (1.5)$$

Отсюда требуемый момент инерции усиленного сечения из условия прочности балки равен:

$$\begin{aligned} I_{x2} + y_2^2 \cdot A_2 &= \frac{1}{4} \cdot \left[\frac{M_x \cdot h_1}{2 \cdot R_y \cdot \gamma_c} - I_{x1} \right] = \frac{1}{4} \cdot \left[\frac{q \cdot L^2 \cdot h_1}{8 \cdot 2 \cdot R_y \cdot \gamma_c} - I_{x1} \right] \\ &= \frac{1}{4} \cdot \left[\frac{40 \cdot 10^3 \cdot 4,5^2 \cdot 0,24}{16 \cdot 200 \cdot 10^6 \cdot 0,9} - 3460 \cdot 10^{-8} \right] \\ &= 825,5 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4 \end{aligned} \quad (1.6)$$

Последовательным подбором по сортаменту уголков и пересчетом с учетом основных геометрических параметров I_{x2} , y_2 и A_2 выбираем равнополочный уголок L70×70×6 для которого $I_{x2} = 37,6 \text{ см}^2$, $z_{02} = 1,94 \text{ см}$ и $A_2 = 8,15 \text{ см}^2$.

$$I_{x2} + y_2^2 \cdot A_2 = 37,6 + (12 - 1,94)^2 \cdot 8,15 = 862,4 \text{ см}^4 \quad (1.7)$$

Результирующий момент сечения равен:

$$I_x = 3460 + 4 \cdot (37,6 + (12 - 1,94)^2 \cdot 8,15) = 6909,6 \text{ см}^4 \quad (1.8)$$

Максимальное значение нормальных напряжений для сечения при принятии усиления:

$$\sigma_{\max} = \frac{q \cdot L^2 \cdot h_1}{16 \cdot I_x} = \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 4,5^2 \cdot 0,24}{16 \cdot 6909,6 \cdot 10^{-8}} = 175,8 \text{ МПа} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (1.9)$$

Условие прочности балки выполнено:

$$\sigma_{\max} = 175,8 \text{ МПа} \leq R_y \cdot \gamma_c = 200 \cdot 0,9 = 180 \text{ МПа}$$

Определяем предельное значение прогиба балки:

$$f_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_x} = \frac{5}{384} \cdot \frac{40 \cdot 10^3 \cdot 4,5^4}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 6909,6 \cdot 10^{-8}} = 1,47 \cdot 10^{-2} \text{ м} \quad (1.10)$$

$$= 1,47 \text{ см}$$

Предельно допустимый прогиб:

$$f_{\text{пред}} = \frac{L}{200} = \frac{4,5}{200} = 2,25 \text{ см}$$

$$f_{\max} \leq f_{\text{пред}}$$

Условие жесткости балки выполнено.

Задача 2. Усиление стальной балки монорельса

Рассчитать усиление стальной балки монорельса пролетом $L = 9 \text{ м}$, выполненного из прокатного двутавра №40, для точечной нагрузки $F_R = 95 \text{ кН}$, при $\gamma_c = 0,9$. Результат проведенного обследования установлено отсутствие сплошных коррозионных повреждений. Расчетное сопротивление стали $R_y = 200 \text{ МПа}$. Усиление проводить полосовой сталью. Предельный прогиб $f_{\text{пред}} = L/200$.

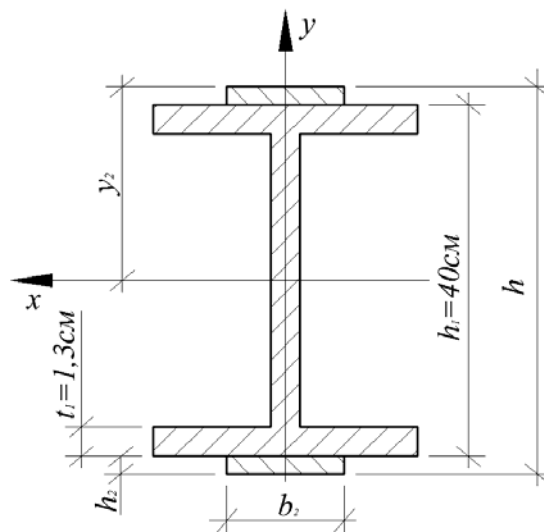


Рис. 2.1. Параметры поперечного сечения балки

Решение

Условие прочности монорельсовой балки представлено в виде:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W_x} = \frac{M_{\max} \cdot h}{I_x \cdot 2} \leq R_y \cdot \gamma_c \quad (2.1)$$

При этом изгибаемый момент определяют по формуле:

$$M_{\max} = \frac{F \cdot L}{4} = \frac{95 \cdot 9}{4} = 213,7 \text{ кН} \cdot \text{м} \quad (2.2)$$

Из условия прочности требуемый момент инерции балки определяют по формуле:

$$I_x = \frac{M_{\max} \cdot h}{R_y \cdot \gamma_c \cdot 2} \quad (2.3)$$

где h – полная высота сечения, см.

Момент инерции сечения усиленной полосной сталью балки будет определен по формуле:

$$I_x = I_{x1} + 2 \cdot \left(\frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + b_2 \cdot h_2 \cdot y_2^2 \right) \quad (2.4)$$

где I_{x1} – осевой момент инерции двутавра №40, см⁴;

b_2 – ширина полосы усиления, см;

h_2 – высота полосы усиления, см;

y_2 – расстояние от оси x до центра тяжести полосы, определяемая по формуле:

$$y_2 = \frac{h_1}{2} + \frac{h_2}{2} \quad (2.5)$$

Определяем полную высоту сечения:

$$h = h_1 + 2 \cdot h_2 \quad (2.6)$$

Примем высоту полосы усиления $h_2 = 1,0$ см.

Тогда ширину полосы усиления (b_2) можно найти из условия:

$$\frac{F_R \cdot L}{4} \cdot \left(\frac{h_1 + 2 \cdot h_2}{R_y \cdot \gamma_c \cdot 2} \right) = I_{x1} + 2 \cdot \left(\frac{b_2 \cdot h_2^3}{12} + b_2 \cdot h_2 \cdot \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2 \right) \quad (2.7)$$

Отсюда:

$$b_2 = \frac{\left[\frac{F_R \cdot L \cdot (h_1 + 2 \cdot h_2)}{R_y \cdot \gamma_c \cdot 8} - I_{x1} \right] \cdot \frac{1}{2}}{\frac{h_2^3}{12} + h_2 \cdot \left(\frac{h_1 + h_2}{2} \right)^2} \quad (2.8)$$

$$b_2 = 7,02 \cdot 10^{-2} \text{ м} = 7,02 \text{ см}$$

Принимаем полосу, высотой 1 см и шириной 8 см и определяем момент инерции усиленного монорельса:

$$I_x = 18930 + 2 \cdot \left[\frac{8 \cdot 1^3}{12} + 8 \cdot 1 \cdot \left(\frac{41}{2} \right)^2 \right] = 25655 \text{ см}^4$$

Проверяем условие прочности монорельса:

$$\sigma_{\max} = \frac{213,7 \cdot 10^3 \cdot 10^{-6} \cdot 42 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 25655 \cdot 10^{-8}} = 175 \text{ МПа} \leq R_y \cdot \gamma_c$$

$$\sigma_{\max} = 175 \text{ МПа} \leq 180 \text{ МПа} = 200 \cdot 0,9 = R_y \cdot \gamma_c$$

Условие прочности балки выполнено.

Проверяем условие жесткости монорельса.

Максимальный прогиб монорельса определяют по выражению:

$$f_{\max} = \frac{1}{48} \cdot \frac{F \cdot L^3}{E \cdot I_x} = \frac{1}{48} \cdot \frac{95 \cdot 10^3 \cdot 9^3}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 25655 \cdot 10^{-8}} = 2,6 \cdot 10^{-2} \text{ м} \quad (2.9)$$

$$= 2,6 \text{ см}$$

Предельно допустимый прогиб:

$$f_{\text{пред}} = \frac{L}{200} = \frac{900}{200} = 4,5 \text{ см}$$

$$f_{\max} \leq f_{\text{пред}}$$

Условие жесткости балки выполнено.

Задача 3. Усиление железобетонной колонны

Требуется проверить несущую способность и в случае необходимости дать рекомендации по усилению железобетонной колонны первого этажа четырехэтажного здания. Перерасчет несущей способности связан с изменением временной нагрузки на перекрытия.

В результате проведения обследования установлено, что колонна имеет сечение 400×400 мм. Высота одного этажа здания $H_{\text{эт}} = 4,8 \text{ м}$. Методами неразрушающего контроля установили, что бетон колонны класса В20. Прибором

Поиск 2,5 выявлено количество и расположение рабочих стержней продольной арматуры, а также в результате локального вскрытия определили класс арматуры – А300.

Решение

Вариант усиления 1

Проектирование усиления осуществляем в соответствии с «Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий».

В результате сбора нагрузок на колонну определили величины расчетной продольной силы:

- от полной нагрузки: $N_1 = 3000$ кН;
- от постоянной и длительно действующей нагрузки: $N_2 = 2500$ кН.

Определяем несущую способность колонны исходя из выявленной расчетной схемы (рис.2.2).

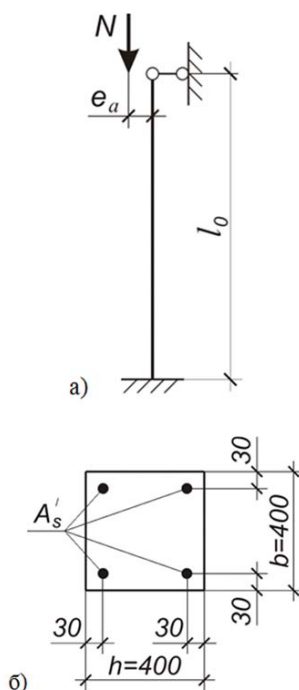


Рис. 2.2. Расчетная схема колонны (а) и параметры поперечного сечения (б)

Проверяем условие:

$$\frac{l_0}{b} \leq 20 \quad (3.1)$$

$$\frac{4,8}{0,4} = 12 \leq 20$$

где l_0 – высота этажа, м;

h – минимальный размер сечения колонны, м.

Т.к. условие выполняется, то колонну можно рассчитывать как центрально сжатый элемент, принимая значение случайного эксцентриситета $e_a = 0$.

При выполнении условия (3.1) расчет сжатых элементов производят по формуле:

$$N \leq \varphi \cdot (R_b \cdot A + R_{sc} \cdot A_{s,tot}) \quad (3.2)$$

где φ – коэффициент, определяемый по таблице 8.1 СП63.13330:

для класса бетона В20 и $\frac{l}{b} = \frac{4,8}{0,4} = 12$ получим $\varphi = 0,872$

Отсюда продольная сила, воспринимаемая колонной будет равна:

$$N = 0,872 \cdot (11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,4 + 280 \cdot 10^3 \cdot 804 \cdot 10^{-6}) = 1800 \text{ кН}$$

Проверяем условие прочности:

$$N_1 \leq N; 3000 \text{ кН} > 1800 \text{ кН}$$

Условие не выполняется, значение перегруза составляет:

$$\frac{N_1 - N}{N} = \frac{3000 - 1800}{1800} = 0,67$$

Проверка несущей способности колонны показала, что для дальнейшей ее эксплуатации в условиях обновленных значений нагрузок требуется ее усиление.

Выполняем усиление центрально сжатой колонны железобетонной обоймой. Толщина железобетонной обоймы принимается в пределах $\delta = 60 \dots 300$ мм, а класс бетона на порядок выше класса бетона усиливаемой конструкции.

В первом приближении примем толщину обоймы $\delta = 60$ мм, при этом размеры сечения колонны после усиления будут равны:

$$b_1 = b + 2 \cdot \delta = 400 + 2 \cdot 60 = 520 \text{ мм} \quad (3.3)$$

Определяем площадь сечения обоймы по формуле:

$$A_1 = b_1^2 - b^2 = 0,11 \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

для класса бетона В20 и $\frac{l}{b} = \frac{4,8}{0,52} = 9,23$ получим $\varphi = 0,9$

Определяем требуемую суммарную площадь арматуры усиления, выполняя ее из стержней класса А400 ($R_{s,1} = 365$ МПа). Класс бетона усиления – В25 ($R_{b,1} = 14,5$ МПа).

$$A_{s,1} = \frac{\frac{N_1}{\varphi} - (R_b \cdot A + R_{sc} \cdot A_{s,tot} + m \cdot R_{b,1} \cdot A_1)}{m \cdot R_{s,1}} \quad (3.5)$$

где m – коэффициент условий работы обожмы.

$$\begin{aligned} A_{s,1} &= \frac{\frac{3000}{0,9} - (11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,4 + 280 \cdot 10^3 \cdot 804 \cdot 10^{-6} + 11,5 \cdot 10^3 \cdot 0,11 \cdot 0,9)}{0,9 \cdot 365 \cdot 10^3} \\ &= 394 \text{ мм}^2 \end{aligned}$$

По расчету требуется дополнительная арматура, площадью 394 мм². Принимаем четыре стержня диаметром 12 мм, арматуры класса А400 ($A_{s1,\phi} = 452$ мм²).

Определяем фактическую несущую способность усиленной колонны. Вычисляем коэффициент φ :

$$\begin{aligned} \varphi &= \varphi_b + 2 \cdot (\varphi_{sb} - \varphi_b) \cdot \frac{R_{sc} \cdot A_{s,tot} + m \cdot R_{s,1} \cdot A_{s1,\phi}}{R_b \cdot A + m \cdot R_{b1} \cdot A_{b1}} \quad (3.6) \\ \varphi &= 0,9 + 2 \cdot (0,904 - 0,9) \cdot \frac{280 \cdot 804 + 0,9 \cdot 365 \cdot 452}{11,5 \cdot 400 \cdot 400 + 0,9 \cdot 14,5 \cdot 110000} = 0,915 \\ &> 0,904 \end{aligned}$$

Определяем несущую способность колонны после усиления:

$$N_\phi = \varphi \cdot [(R_b \cdot A + R_{sc} \cdot A_{s,tot}) + (m \cdot (R_{b1} \cdot A_{b1} + R_{s,1} \cdot A_{s1,\phi}))] \quad (3.7)$$

$$N_\phi = 0,9 \cdot [(11,5 \cdot 0,16 + 280 \cdot 0,000804) + (0,9 \cdot (14,5 \cdot 0,11 + 365 \cdot 0,000452))] = 3301 \text{ кН}$$

Определяем прирост собственной массы усиленной колонны в расчетном сечении:

$$\begin{aligned} N_1^* &= N_1 + A_1 \cdot H_{\text{эп}} \cdot \rho \cdot \gamma_f \quad (3.8) \\ N_1^* &= 3000 + 0,11 \cdot 4,8 \cdot 25 \cdot 1,1 = 3014,52 \end{aligned}$$

Проверяем прочность усиленной колонны:

$$N_{\phi} > N_1^*$$

$$3301 \text{ кН} > 3014 \text{ кН}$$

Условие выполняется, следовательно, несущая способность колонны обеспечена. Запас прочности при этом составляет:

$$\frac{N_{\phi} - N_1^*}{N_1^*} \cdot 100\% = \frac{3301 - 3014}{3014} = 9,5\%$$

ПЗ №3. ПОДГОТОВКА ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМАТИКАМИ ОБСЛЕДОВАНИЯ, ВОССТАНОВЛЕНИЯ И УСИЛЕНИЯ ОСНОВАНИЙ И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРИНЦИПОВ НАУЧНОЙ ЭТИКИ. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ОТЧЕТА ПО УСИЛЕНИЮ

При подготовке публикаций по темам научных исследований в области обследования и испытания строительных конструкций необходимо придерживаться принятым международным сообществом принципов публикационной этики, отраженных, в частности, в рекомендациях Комитета по этике научных публикаций (Committee on Publication Ethics (COPE), «Подготовка и издание научного журнала. Международная практика по этике редактирования, рецензирования, издания и авторства научных публикаций: Сборник переводов / Сост. О.В. Кириллова. М.: Финансовый университет, 2013.140 с.), а также учитывает ценный опыт авторитетных международных журналов и издательств.

Во избежание недобросовестной практики в публикационной деятельности (плагиат, изложение недостоверных сведений и др.), в целях обеспечения высокого качества научных публикаций, признания общественностью полученных автором научных результатов, все участвующие в издательском процессе, обязаны соблюдать этические стандарты, нормы и правила и принимать все разумные меры для предотвращения их нарушений. Соблюдение правил этики научных публикаций всеми участниками этого процесса способствует обеспечению прав авторов на интеллектуальную собственность, повышению качества издания и исключению возможности неправомерного использования авторских материалов в интересах отдельных лиц.

Основные термины, используемые в рамках принципов научной этики:

Этика научных публикаций – это система норм профессионального поведения во взаимоотношениях авторов, рецензентов, редакторов, издателей и читателей в процессе создания, распространения и использования научных публикаций.

Автор – это лицо или группа лиц (коллектив авторов), участвующих в создании публикации результатов научного исследования.

Главный редактор – лицо, принимающее окончательные решения в отношении производства и выпуска журнала.

Издатель – юридическое или физическое лицо, осуществляющее выпуск в свет научной публикации.

Научная статья – законченное и опубликованное авторское произведение.

Плагиат – умышленное присвоение авторства чужого произведения науки или искусства, чужих идей или изобретений. Плагиат может быть нарушением авторско-правового законодательства и патентного законодательства и в качестве такового может повлечь за собой юридическую ответственность.

Редактор – представитель научного журнала или издательства, осуществляющий подготовку материалов для публикации, а также поддерживающий общение с авторами и читателями научных публикаций.

Редакционная коллегия – совещательный орган из группы авторитетных лиц, который оказывает главному редактору помощь в выборе, подготовке и оценке произведений для издания.

Рецензент – эксперт, действующий от имени научного журнала или издательства и проводящий научную экспертизу авторских материалов с целью определения возможности их публикации.

Рукопись – поданное для опубликования в редакцию авторское произведение, но не опубликованное.

Читатель – любое лицо, ознакомившееся с опубликованными материалами.

1. Принципы профессиональной этики в деятельности издателя.

В своей деятельности издатель несет ответственность за обнародование авторских произведений, что влечет необходимость следования следующим основополагающим принципам и процедурам:

1. Способствовать исполнению этических обязанностей редакцией, ре-

дакционно-издательской группой, редакционной коллегией, рецензентами и авторами в соответствии с данными требованиями.

2. Оказывать поддержку редакции журнала в рассмотрении претензий к этическим аспектам публикуемых материалов и помогать взаимодействовать с другими журналами и/или издателями, если это способствует исполнению обязанностей редакторов.

3. Обеспечивать конфиденциальность полученной от авторов публикации и любой информации до момента ее опубликования.

4. Осознавать, что деятельность журнала не является коммерческим проектом и не несет в себе цели извлечения прибыли.

5. Быть всегда готовым опубликовать исправления, разъяснения, опровержения и извинения, когда это необходимо

6. Предоставлять редакции журнала возможность исключения публикаций, содержащих плагиат и недостоверные данные.

7. Статья, в случае принятия к опубликованию, размещается в открытом доступе; авторские права сохраняются за авторами.

8. Размещать информацию о финансовой поддержке исследования, если автор такую информацию к статье приводит.

9. При обнаружении содержательных, грамматических, стилистических и иных ошибок редакция обязуется предпринимать все меры для их устранения.

10. Согласовывать с автором, вносимую в статью редакторскую корректуру.

11. Не задерживать выпуск журнала.

2. Этические принципы, которыми должен руководствоваться автор научной публикации.

Авторы (или коллектив авторов) при подаче материалов в научный журнал осознает, что несет первоначальную ответственность за новизну и достоверность результатов научного исследования, что предполагает соблюдение следующих принципов:

1. Авторы статьи должны предоставлять достоверные результаты проведенных исследований. Заведомо ошибочные или сфальсифицированные утверждения неприемлемы.

2. Авторы должны гарантировать, что результаты исследования, изложенные в предоставленной рукописи, полностью оригинальны. Заимствованные фрагменты или утверждения должны быть оформлены с обязательным указанием автора и первоисточника. Чрезмерные заимствования, а также плагиат в любых формах, включая неоформленные цитаты, перефразирование или присвоение прав на результаты чужих исследований, неэтичны и неприемлемы. Наличие заимствования без ссылки будет рассматриваться редакционной коллегией как плагиат.

3. Авторы должны приводить в рукописи только подлинные факты и сведения; приводить достаточное количество информации для проверки и повторения экспериментов другими исследователями; не использовать информации, полученной в частном порядке, без открытого письменного разрешения; не допускать фабрикаций и фальсификации данных.

4. Не допускать дублирования публикаций (в сопроводительном письме автор должен указать, что работа публикуется впервые). Если отдельные элементы рукописи были ранее опубликованы, автор обязан сослаться на более раннюю работу и указать отличия новой работы от предыдущей.

5. Авторы не должны предоставлять в журнал рукопись, которая была отправлена в другой журнал и находится на рассмотрении, а также статью, уже опубликованную в другом журнале.

6. Необходимо признавать вклад всех лиц, так или иначе повлиявших на ход исследования, в частности, в статье должны быть представлены ссылки на работы, которые имели значение при проведении исследования.

7. Авторы должны соблюдать этические нормы, выступая с критикой или замечаниями в отношении исследований третьих лиц.

8. Соавторами статьи должны быть указаны все лица, внесшие суще-

ственный вклад в проведение исследования. Среди соавторов недопустимо указывать лиц, не участвовавших в исследовании.

9. Авторы должны с уважением относиться к работе редколлегии и рецензентов и устранять указанные недостатки или аргументированно их пояснить.

10. Авторы должны представлять и оформлять рукопись согласно принятым в журнале правилам.

11. Если автор обнаружит существенные ошибки или неточности в статье на этапе ее рассмотрения или после ее опубликования, он должен незамедлительно уведомить об этом редакцию журнала;

12. Авторы должны предоставить редакционной коллегии или издателю доказательства правильности исходной статьи или исправить существенные ошибки, если о них редакционной коллегии или издателю стало известно от третьих лиц.

3. Этические принципы в деятельности рецензента

Рецензент осуществляет научную экспертизу авторских материалов, вследствие чего его действия должны носить непредвзятый характер, заключающийся в выполнении следующих принципов:

1. Рукопись, полученная для рецензирования, должна рассматриваться как конфиденциальный документ, который нельзя передавать для ознакомления или обсуждения третьим лицам, не имеющим на то полномочий от редакции.

2. Рецензенты обязаны знать о том, что направленные им рукописи являются интеллектуальной собственностью авторов и относятся к сведениям, не подлежащим разглашению. Нарушение конфиденциальности возможно только в случае заявления рецензента о недостоверности или фальсификации материалов, изложенных в статье;

3. Рецензент должен обращать внимание главного редактора на существенное или частичное сходство оцениваемой рукописи с какой-либо иной работой, а также факты отсутствия ссылок на положения, выводы или аргументы,

ранее опубликованные в других работах этого или других авторов.

4. Рецензент должен отметить соответствующие опубликованные работы, которые не процитированы (в статье).

5. Рецензент обязан давать объективную и аргументированную оценку изложенным результатам исследования и четко обоснованные рекомендации. Персональная критика автора неприемлема.

6. Замечания и пожелания рецензента должны быть объективными и принципиальными, направленными на повышение научного уровня рукописи.

7. Рецензент должен выносить решения на основании конкретных фактов и приводить доказательства своего решения.

8. Рецензентам не разрешается снимать копии с рукописей для своих нужд.

9. Рецензенты не имеют права использовать в своих интересах знание о содержании работы до ее опубликования.

10. Рецензент, который не обладает, по его мнению, достаточной квалификацией для оценки рукописи, либо не может быть объективным, например, в случае конфликта интересов с автором или организацией, должен сообщить об этом редактору с просьбой исключить его из процесса рецензирования данной рукописи;

11. Отзыв на статью конфиденциален. ФИО Рецензента знают ответственный секретарь и главный редактор журнала. Данная информация не разглашается.

4. Принципы профессиональной этики в деятельности главного редактора.

В своей деятельности главный редактор несет ответственность за обнаружение авторских произведений, что накладывает необходимость следования следующим основополагающим принципам:

1. При принятии решения о публикации главный редактор научного журнала руководствуется достоверностью представления данных и научной значи-

мостью рассматриваемой работы.

2. Главный редактор должен оценивать интеллектуальное содержание рукописей вне зависимости от расы, пола, сексуальной ориентации, религиозных взглядов, происхождения, гражданства, социального положения или политических предпочтений авторов.

3. Неопубликованные данные, полученные из представленных к рассмотрению рукописей, не должны использоваться для личных целей или передаваться третьим лицам без письменного согласия автора. Информация или идеи, полученные в ходе редактирования и связанные с возможными преимуществами, должны сохраняться конфиденциальными, и не использоваться с целью получения личной выгоды.

4. Главный редактор не должен допускать к публикации информацию, если имеется достаточно оснований полагать, что она является плагиатом.

Во избежание случаев нарушения публикационной этики следует исключить конфликт интересов всех сторон, участвующих в процессе опубликования рукописи. Конфликт интересов возникает в том случае, если у автора, рецензента или члена редколлегии имеются финансовые, научные или личные взаимоотношения, которые могут повлиять на их действия. Такие взаимоотношения называют двойственными обязательствами, конкурирующими интересами или конкурирующими лояльностями.

При возникновении ситуации, связанной с нарушением публикационной этики со стороны редактора, автора или рецензента, требуется обязательное расследование. Это распространяется как на опубликованные, так и неопубликованные материалы. Редакционная коллегия обязана потребовать разъяснения, без привлечения лиц, которые могут иметь конфликт интересов с одной из сторон.

ОФОРМЛЕНИЕ АНАЛИТИЧЕСКИХ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИХ ОТЧЕ- ТОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ УСИЛЕННЫХ СТРОИТЕЛЬ- НЫХ КОНСТРУКЦИЙ

1. Цель и содержание работы

Цель работы: Разработать отчет по результатам испытания на изгиб усиленной балки ЗБДР18-5АШв-1.

2. Наименование и марка испытуемого изделия

Железобетонные стропильные решетчатые балки ЗБДР18-5АШв-1 пролетом 18 м, изготовленные по Серии 1.462.1-3/89 (рисунок 2.1). Третий типоразмер балок имеет ширину 280 мм. Порядковый номер балки по несущей способности (№5) соответствует эквивалентной расчетной нагрузке на перекрытие 750 кгс/м^2 .

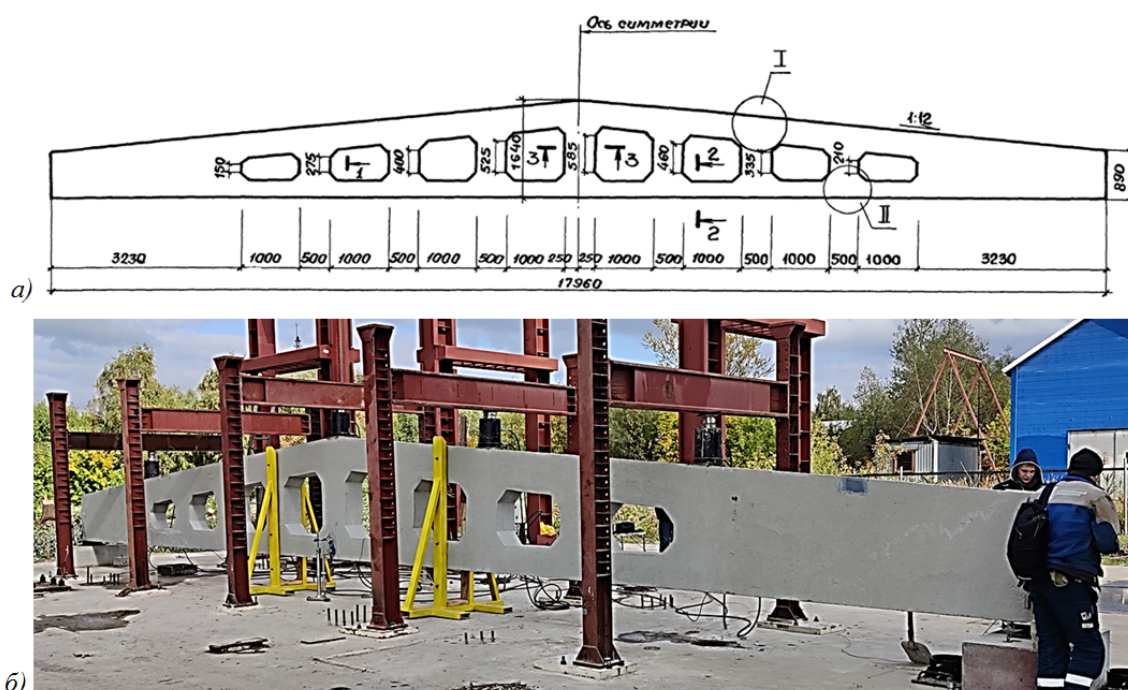


Рисунок 2.1. Стропильная балка ЗБДР18-5АШв-1 а) схема балки б) общий вид балки

3. Дата изготовления изделия.

Изделие изготовлено в заводских условиях 22.06.2016.

4. Условия хранения изделия до испытаний.

До испытаний образцы хранили на открытом складе завода-изготовителя.

5. Класс бетона по прочности на сжатие.

М400 (В32) (в соответствии с Серией 1.462.1-3/89).

6. Фактические прочностные характеристики бетона

Фактическую прочность бетона определяли по образцам, отобранным из конструкции после испытания в соответствии с ГОСТ 28570-2019. В результате испытания образцов цилиндров установлено, что фактическая прочность бетона (49.5 МПа) соответствует классу бетона по прочности на сжатие В40 (схема Г по ГОСТ 18105-2018).

Таблица 6.1. Результаты определения прочности бетона

№	Дата испытания	h, мм	d, мм	m, г	ρ, кг/м ³	P, кН	ηl	α	R0, МПа
1	05.03.2022	69.4	64.4	528	2333	144.6	1.04	0.90	41.5
2		69.1	64.4	528	2351	164.7	1.04	0.90	47.4
3		72.3	64.4	546	2322	201.5	1.04	0.90	58.0
4		61.3	64.3	469	2362	177.7	1.00	0.90	49.3
5		71.1	64.4	529	2282	204.7	1.04	0.90	58.8
6		68.9	64.1	522	2351	157.7	1.04	0.90	45.8
7		72.3	64.3	551	2351	157.3	1.04	0.90	45.4
Среднее значение:									49.5
Среднее квадратичное отклонение									6.5
Коэффициент вариации, %									13.2

7. Характеристика армирования.

Армирование изделия выполнено в соответствии с Серией 1.462.1-3/89. Рабочее армирование выполнено из предварительно напряженных арматурных стержней (усилие предварительного натяжения каждого стержня 15.6 тс) А-Шв диаметром 22 мм в количестве 9 шт. Дополнительно выполнено усиление нижнего пояса балки двумя стержнями диаметром 20мм для проверки эффективности данного вида усиления. Параметры армирования представлены на рисунке 7.1.

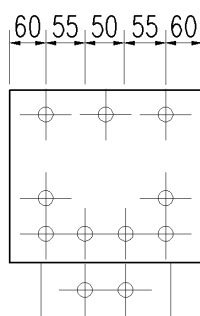


Рисунок 7.1. Параметры армирования нижнего пояса балки с учетом усиления

В результате вскрытия армирования нижнего пояса одного из испытанных образцов параметры армирования подтвердились (рисунок 7.2).



Рисунок 7.2. Вскрытие арматурных стержней нижнего пояса балки

8. Предельная ширина раскрытия трещин, указанная в техническом задании.

0.25 мм на уровне расположения нижнего ряда стержней рабочего армирования.

9. Принятая схема испытаний.

Схема испытания на изгиб принята по Серии 1.462.1-3/89. Одна из опор балки шарнирно-подвижная, вторая - шарнирно-неподвижная. Внешняя нагрузка прикладывается в пяти точках, расположенных в местах установки закладных деталей для опор ребристых плит покрытия. Расчетная схема балки при испытании представлена на рисунке 9.1. Общий вид образцов в процессе нагружения представлен на рисунке 9.2.

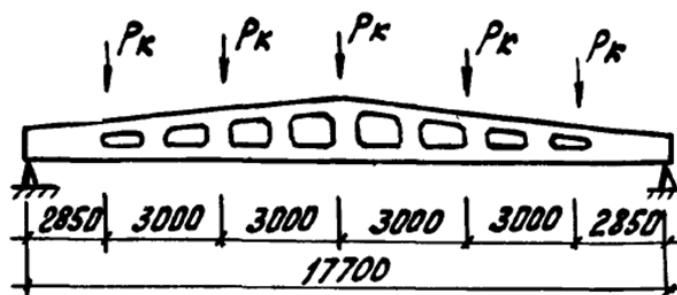


Рисунок 9.1. Расчетная схема проведения испытания на изгиб



Рисунок 9.2. Общий вид образцов в процессе проведения испытания а) Образец №1 б) Образец №2

10. Масса изделий.

Масса изделия составляет 12.1 т

11. Контрольное значение нагрузок, указанных в проектной документации.

Согласно Технического задания Заказчика, Серии 1.462.1-3/89 и программы испытаний контрольная нагрузка по жесткости и трещиностойкости $P_{к. cont.1} = 123.5$ кН. При проверке по прочности в соответствии с Серией 1.462.1-3/89 (при армировании стержнями А-III) приняли коэффициент безопасности $C = 1.25$ ($P_{к. cont.2} = 193.1$ кН). При этом с учетом действующего на

настоящий момент ГОСТ 8829-2018 коэффициент безопасности следует принимать $C = 1.3$, которому соответствует величина контрольной нагрузки $P_{к.конт.3} = 200.8$ кН.

В процессе испытания нагрузку прикладывали этапами с шагом около 20 кН в каждой точке. Выдержка на каждом этапе составляла около 10 мин. При достижении контрольных нагрузок выдержка составляла 30 минут.

12. Разрушающая нагрузка и характер разрушения изделия.

Образец №1.

Произвели нагружение образца до контрольной нагрузки ($P_{к.конт.3} = 200.8$ кН). После выдержки при переходе на следующий этап нагружения испытание было остановлено, т.к. прогиб в середине пролета превысил 200 мм (критерий окончания испытания в соответствии с Программой). При этом ширина раскрытия трещин в бетоне составляла 1.5-2.0 мм. Признаков разрушения бетона сжатой зоны не выявлено. Общий вид образца на момент окончания испытания представлен на рисунке 12.1.

Образец №2.

Произвели нагружение образца до контрольной нагрузки ($P_{к.конт.2} = 193.1$ кН). После выдержки при переходе на следующий этап нагружения испытание было остановлено, т.к. прогиб в середине пролета превысил 200 мм (критерий окончания испытания в соответствии с Программой). При этом ширина раскрытия трещин в бетоне составляла 1.3-1.7 мм. Признаков разрушения бетона сжатой зоны не выявлено. Общий вид образца на момент окончания испытания представлен на рисунке 12.2.



Рисунок 12.1. Состояние Образца №1 на момент окончания испытания $P_{test.1} = 200.8$ кН а) общий вид образца б) трещинообразование в нижнем поясе

Образцы №1 и №2 имели идентичный характер трещинообразования. Первые трещины шириной раскрытия 0.05...0.1 мм были выявлены при достижении контрольной нагрузки по жёсткости и трещинообразованию ($P_{к.онт.1} = 123.5$ кН). Нормальные трещины располагались в нижнем поясе решетчатой балки в местах расположения проемов (рисунки 13.1-13.2). Трещины располагались с шагом 150...300 мм.

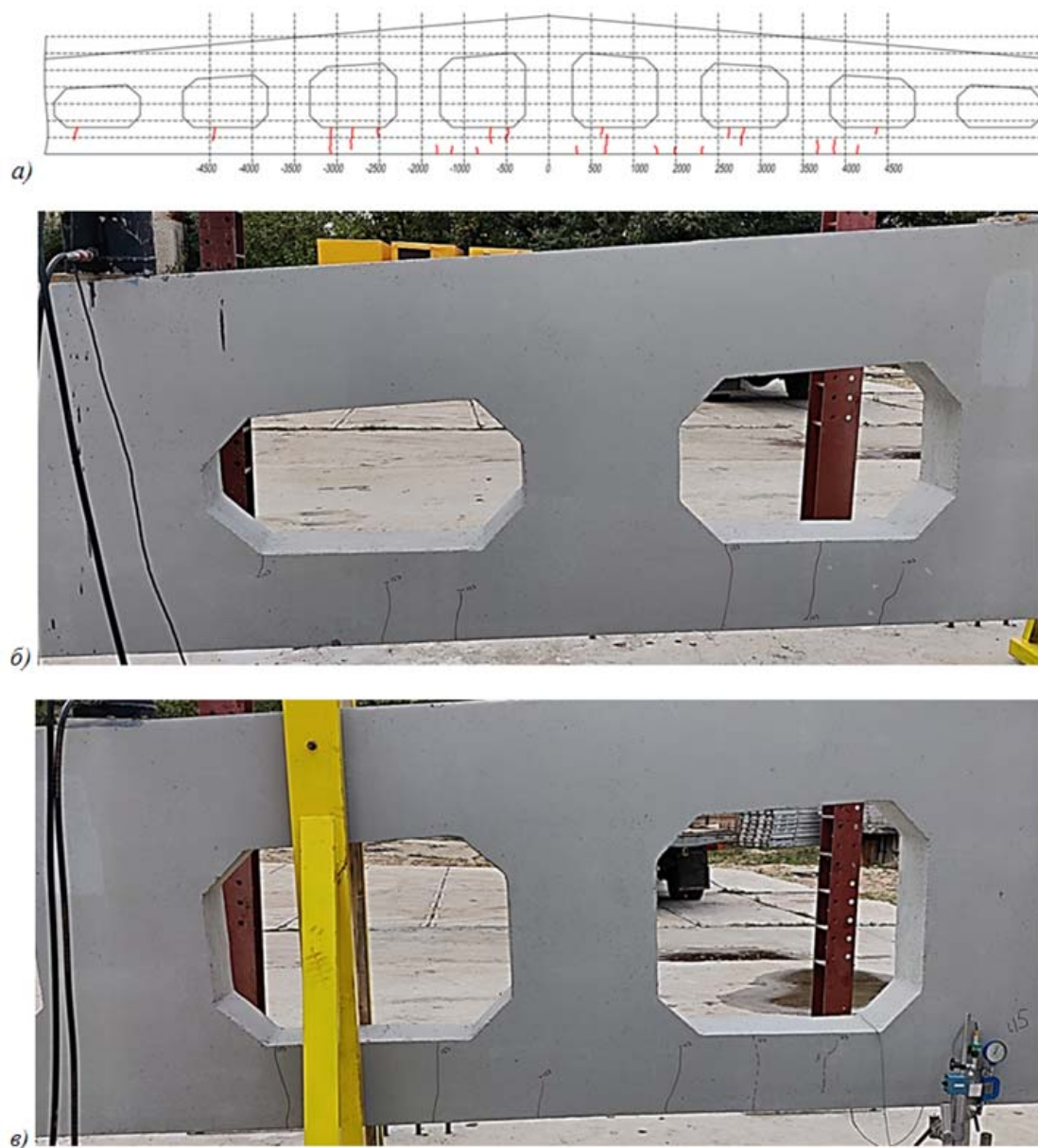


Рисунок 13.1. Характер трещинообразования Образца №1 при достижении контрольной нагрузки $P_{к.онт.1} = 123.5$ кН а) схема расположения трещин б) вид 1 в) вид 2

Горизонтальные пунктирные линии на схеме расположения трещин расположены с шагом 200 мм

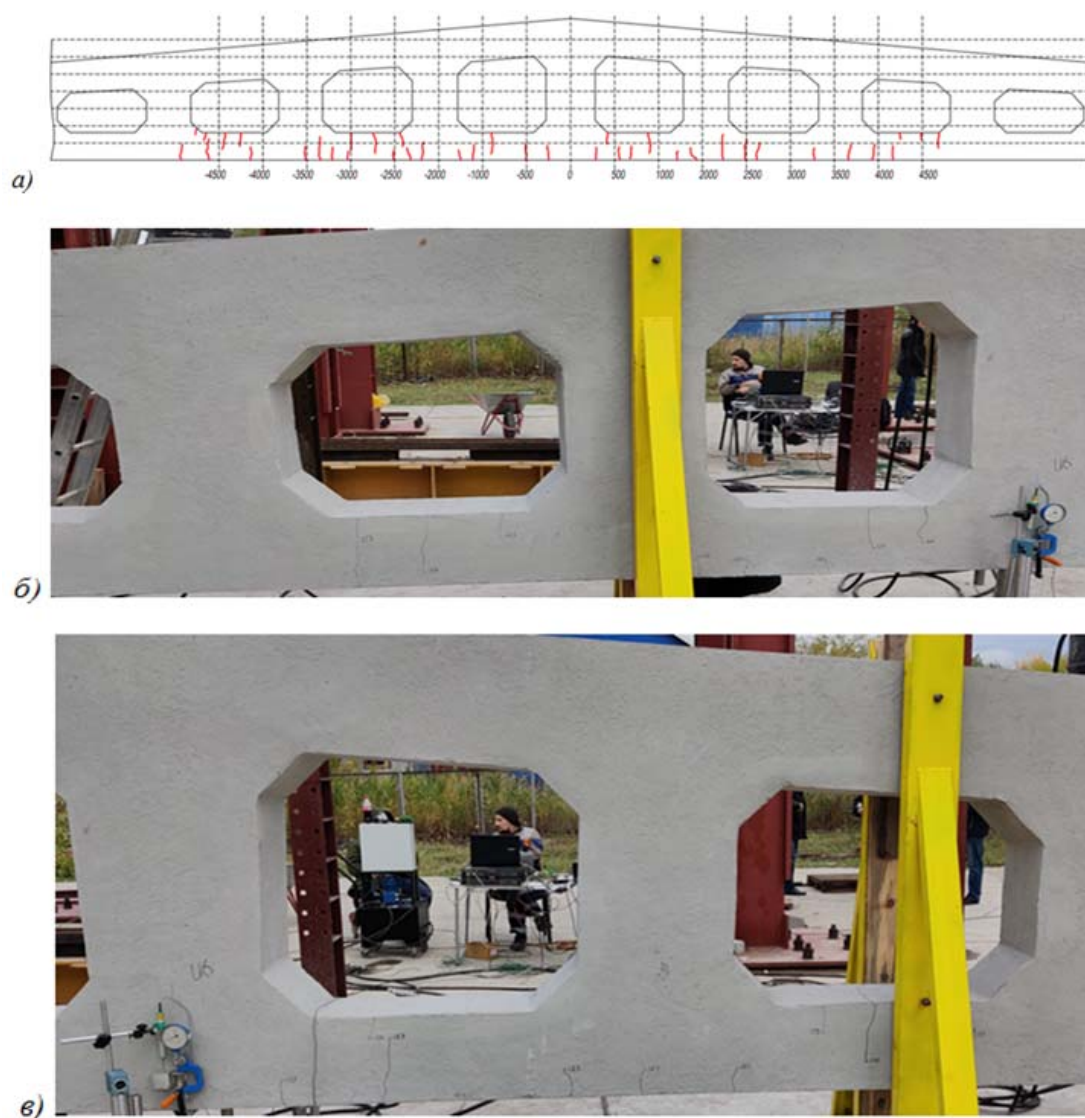


Рисунок 13.2. Характер трещинообразования Образца №2 при достижении контрольной нагрузки $P_{к.онт.1} = 123.5 \text{ кН}$ а) схема расположения трещин б) вид 1 в) вид 2

Горизонтальные пунктирные линии на схеме расположения трещин расположены с шагом 200 мм

Дальнейшее увеличение нагрузки привело к развитию системы трещин. На рисунках 13.3-13.4 представлены схемы развития трещин до момента окончания испытания и фотофиксация параметров трещинообразования. На схемах вдоль трещин цифрами обозначена величина нагрузки (в кН), при которой данная трещина была выявлена.

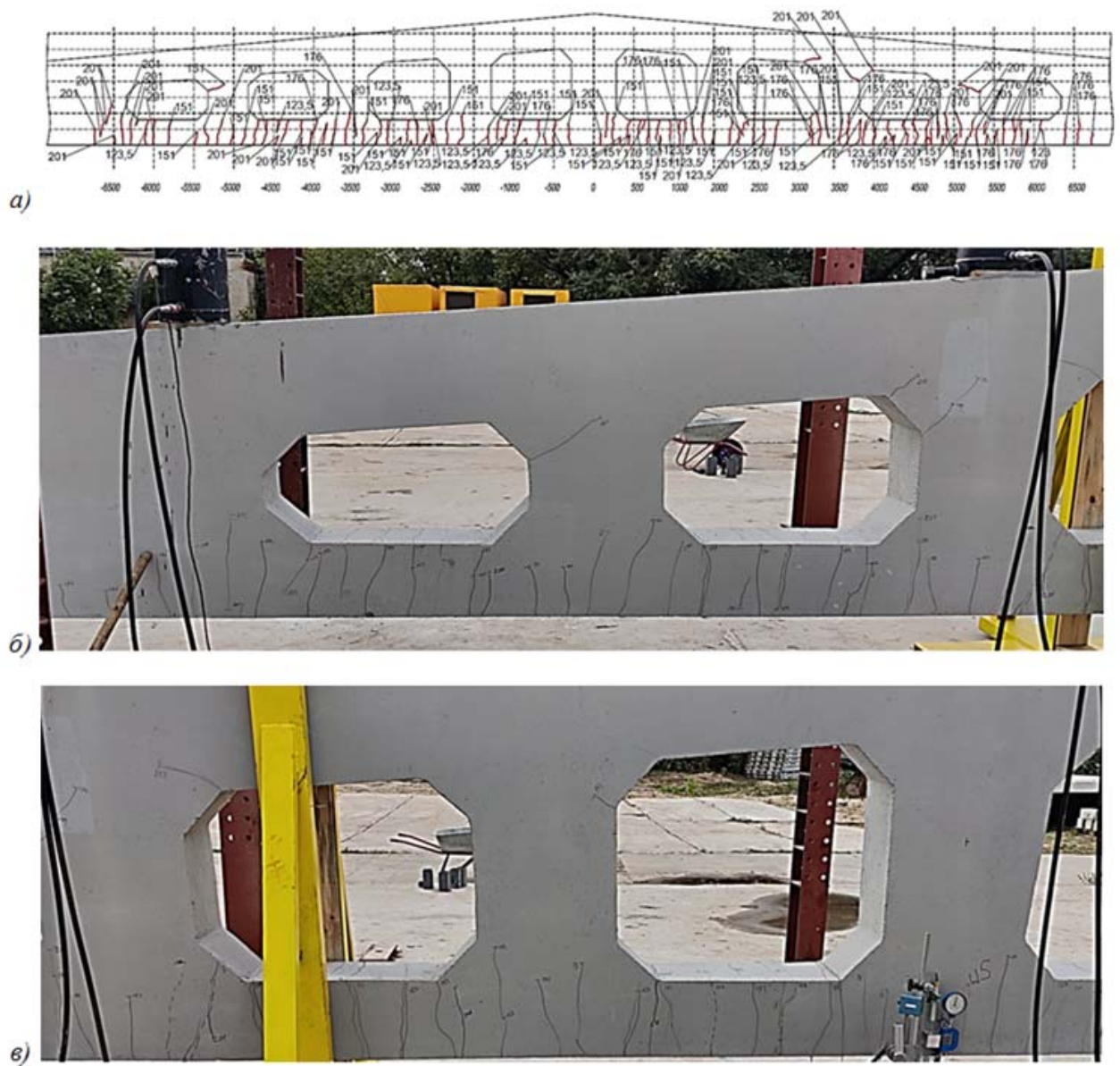


Рисунок 13.3. Характер трещинообразования Образца №1 на момент окончания испытания $P_{test,1} = 200.8 \text{ кН}$ а) схема расположения трещин б) вид 1 в) вид 2

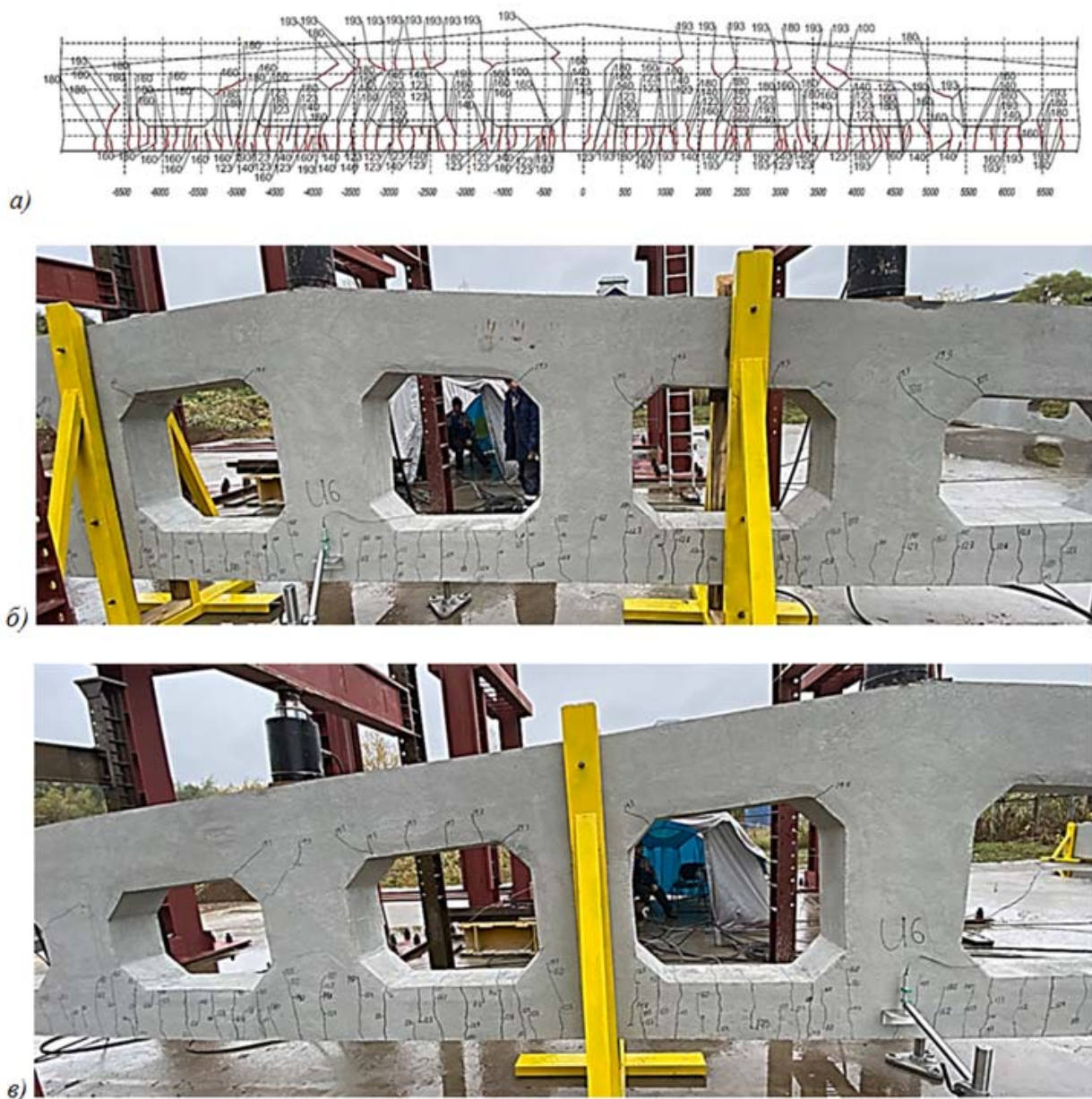


Рисунок 13.4. Характер трещинообразования Образца №2 на момент окончания испытания $P_{test,2} = 193.1$ кН :

а) схема расположения трещин; б) вид 1; в) вид 2

Ширину раскрытия трещин определяли в уровне нижнего ряда арматурных стержней (50 мм от нижней грани) с использованием измерительного микроскопа типа МПБ-2 с 24-х кратным увеличением.

Зависимость ширины раскрытия выявленных трещин от величины нагрузки (P_K) представлены на рисунке 13.5.

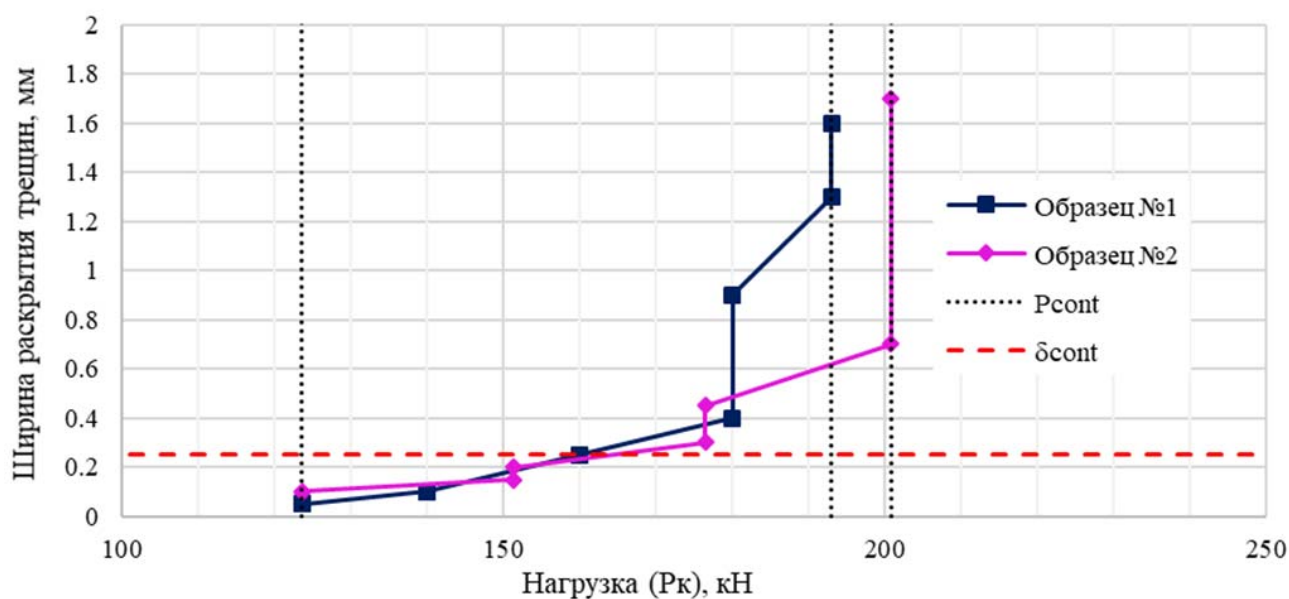


Рисунок 12.5. Зависимость ширины раскрытия трещин от величины нагрузки P_k
(контрольная ширина раскрытия трещин 0.25 мм выявлена при нагрузке P_k более 160 кН)

Оценка результатов испытания по эксплуатационной пригодности (ширине раскрытия трещин).

Оценка соответствия испытанных балок требованиям по трещиностойкости представлены в таблице 13.1.

Таблица 13.1. – Результаты испытания

Величина контрольной нагрузки ($P_{k,cont.1}$), кН	Образец	Контрольная величина ширины раскрытия трещины, мм	Фактическая величина ширины раскрытия трещины, мм	Соответствие требованиям ГОСТ 8829-2018
123.5	№1	0.25	0.05	+
	№2		0.1	+

14. Прогиб при соответствующей контрольной нагрузке.

Прогиб определяли с использованием индикаторов перемещения, установленных в середине пролета и над опорами. Зависимости прогиба от величин нагрузок представлены на рисунке 14.1.

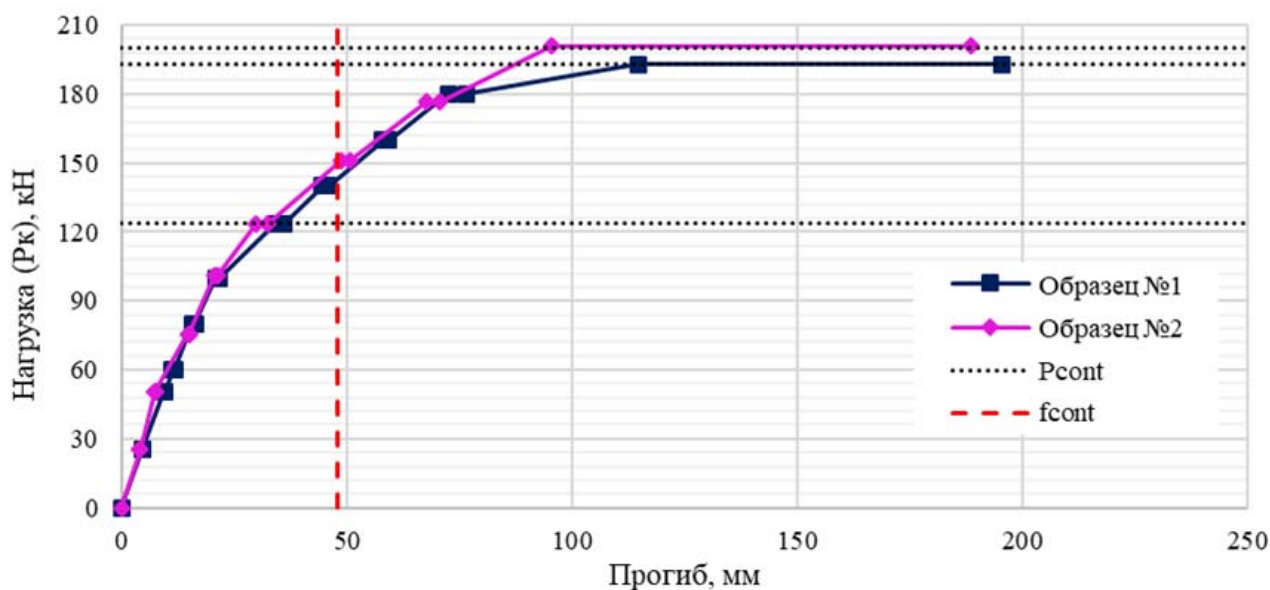


Рисунок 14.1. Зависимость прогиба от величины нагрузки
(контрольная величина прогиба 48 мм выявлена при величине нагрузки P_k около 150 кН)

Оценка результатов испытания по эксплуатационной пригодности (прогиб).

Оценка соответствия испытанных представлены в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Результаты испытания

Величина контрольной нагрузки ($P_{k,cont.1}$), кН	Образец	Контрольная величина прогиба, мм	Фактическая величина прогиба, мм	Соответствие требованиям ГОСТ 8829-2018
123.5	№1	48	36.1	+
	№2		32.5	+

Выводы:

5. Фактический класс бетона по прочности на сжатие балок (В40) соответствует Серии 1.462.1-3/89.

6. Фактические характеристики рабочей преднапряженной арматуры (количество, марка, диаметр) соответствует Серии 1.462.1-3/89

7. Испытанные решетчатые балки соответствуют требованиям проектной документации по несущей способности (см. таблицу 12.1). В результате испытаний средняя разрушающая нагрузка составила 196 кН. Разрушение произошло в результате достижения предельной величины прогиба (более 200 мм) и

ширины раскрытия трещин более 1.5 мм.

8. Испытанные решетчатые балки соответствуют требованиям проектной документации по трещиностойкости (см. таблицу 13.1). В результате испытаний установлено, что при достижении контрольной нагрузки по эксплуатационной пригодности ширина раскрытия трещин не превышает 0.1 мм.

9. Испытанные решетчатые балки соответствуют требованиям проектной документации по жесткости (см. таблицу 14.1). В результате испытаний установлено, что при достижении контрольной нагрузки по эксплуатационной пригодности величина прогиба не превышает 37 мм.

Варианты заданий для контрольного задания к Практикуму (для самопроверки)

«ОБСЛЕДОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ»

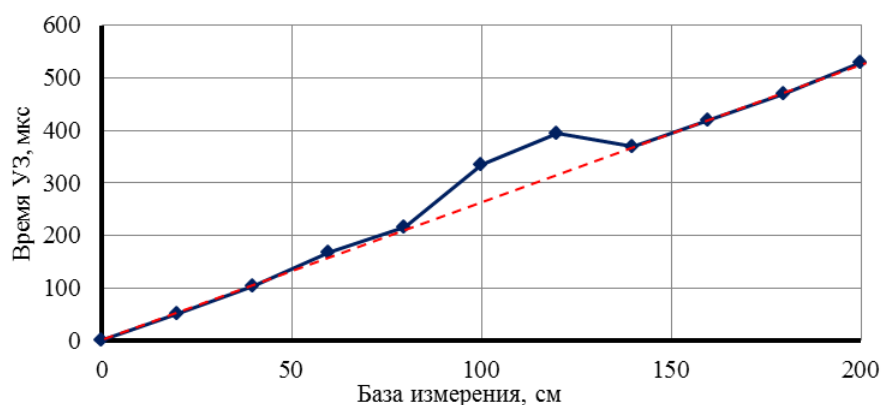
Задачи по практическому занятию №1:

Задача 1. Определение глубины трещины в железобетонных конструкциях

№ варианта	$t_{1-2} \cdot 10^{-6} c$	$t_{2-3} \cdot 10^{-6} c$	$t_{3-4} \cdot 10^{-6} c$	$h, м$
1	52,3	67,3	51,6	0.081

Задача 2. Обнаружение и локализация дефекта

Годограф скорости ультразвука



Ответ: Максимальная примерная глубина расположения дефекта (h)=0,095м.

Задача 3. Определение прочности бетона конструкции

Результаты вычислений

№ испытания	Скорость ультразвука $V, м/с$	Прочность бетона по градуировочной зависимости $R_i, МПа$	Средняя прочность бетона $\bar{R}, МПа$	$(\bar{R} - R_i)^2$	Стандарт отклонения S_R	Коэффициент вариации $v, \%$
1	4016	20.6	20.53	0,0009	0,471	2.29
2	3984	20.2		0,1391		
3	4000	20.4		0,0297		
4	4065	21.2		0.4190		
5	3968	20.0		0.3274		
6	4049	21.0		0.1935		

Фактический класс бетона конструкции:

$$B^* = 20.53 \cdot (1 - 1,64 \cdot 0,0229) = 20$$

В соответствии с таблицей 6.8. СП 63.13330 «Бетонные и железобетонные конструкции», принимаем ближайший в сторону запаса существующий класс бетона. Для конкретного случая принимаем класс бетона В20.

Задача 4. Прогнозирование остаточного ресурса железобетонных конструкций

Ответ: Через 3,1 года прогнозируемая прочность бетона окажется ниже проектного значения в 150 кгс/см^2 .

Задача 5. Расчет железобетонных конструкций

Ответ: Предельная допускаемая распределенная нагрузка $q = 47,4 \text{ кН/м}$

Задача по практическому занятию №2:

Усиление колонны: железобетонная обойма толщиной 60мм, дополнительная арматура – 4 стержня диаметром 12мм класса А400 (также необходимо представить решение).

Выбор вариантов заданий

При выполнении заданий необходимо пользоваться таблицей, приведенной ниже. Выбор вариантов осуществляется по двум последним цифрам зачетной книжки. В случае, если номер двух последних цифр превышает 30,60 или 90, то отчет снова начинается с 1. Пример 1: Зачетная книжка заканчивается на два числа 69. Следовательно, номер варианта – 9. Пример 2: Зачетная книжка заканчивается на два числа 46. Следовательно, номер варианта – 16.

Задача 1. Определение глубины трещины в железобетонных конструкциях

В результате измерений получили следующие значения времени прозвучивания: (смотрите таблицу 1, выбрать значения согласно Вашего варианта). Требуется определить глубину развития трещины.

Таблица 1

№ варианта	Время прозвучивания, с		№ варианта	Время прозвучивания, с	
1	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	52,5	16	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	49,2
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	67,3		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	76,5
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	51,6		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	54,6
2	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	52,3	17	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	49
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	67,8		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	77
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	51,8		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	54,8
3	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	52,1	18	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	48,8
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	68,3		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	77,5
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	52		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	55
4	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	51,9	19	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	48,6

	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	68,8		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	78
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	52,2		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	55,2
5	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	51,7	20	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	48,4
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	69,3		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	73
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	52,4		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	55,4
6	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	51,5	21	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	49
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	69,8		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	75
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	52,6		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	56
7	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	51,3	22	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	48,8
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	70,3		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	75,5
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	52,8		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	56,2
8	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	51,1	23	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	48,6
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	70,8		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	76
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	53		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	56,4
9	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	50,9	24	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	48,4
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	71,3		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	76,5
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	53,2		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	56,6
10	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	50,7	25	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	48,2
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	73		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	77
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	53,4		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	56,8
11	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	50,2	26	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	48
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	74		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	77,5
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	53,6		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	57
12	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	50	27	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	47,8
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	74,5		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	78
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	53,8		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	57,2
13	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	49,8	28	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	47,6
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	75		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	78,5
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	54		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	57,4
14	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	49,6	29	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	47,4
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	75,5		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	79
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	54,2		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	57,6
15	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	49,4	30	$t_{1-2} * 10^{-6} c$	47,2
	$t_{2-3} * 10^{-6} c$	76		$t_{2-3} * 10^{-6} c$	73
	$t_{3-4} * 10^{-6} c$	54,4		$t_{3-4} * 10^{-6} c$	57,8

Задача 2. Обнаружение и локализация дефекта

№ варианта	№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
1	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	335.1

№ варианта	№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
	6	120	395.2
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
2	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	260.0
	5	100	335.1
	6	120	380.0
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
3	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	275.0
	6	120	395.2
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
4	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	275.0
	6	120	395.2
	7	140	410.0

№ варианта	№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
5	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	335.1
	6	120	395.2
	7	140	415.0
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
6	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	335.1
	6	120	320.0
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
7	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	280.0
	5	100	335.1
	6	120	320.0
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8

№ варианта	№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
	10	200	528.5
8	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	280.0
	5	100	335.1
	6	120	370.0
	7	140	400.0
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
9	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	280.0
	6	120	330.0
	7	140	369.2
	8	160	390.0
	9	180	430.0
	10	200	528.5
10	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	200.0
	6	120	240.0
	7	140	290.0
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
11	1	20	52.3

№ варианта	№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	335.1
	6	120	395.2
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
12	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	260.0
	5	100	335.1
	6	120	380.0
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
13	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	275.0
	6	120	395.2
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
14	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4

№ варианта	№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
	4	80	215.9
	5	100	275.0
	6	120	395.2
	7	140	410.0
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
15	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	335.1
	6	120	395.2
	7	140	415.0
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
16	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	335.1
	6	120	320.0
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
17	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	280.0
	5	100	335.1

№ варианта	№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
	6	120	320.0
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
18	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	280.0
	5	100	335.1
	6	120	370.0
	7	140	400.0
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
19	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	280.0
	6	120	330.0
	7	140	369.2
	8	160	390.0
	9	180	430.0
	10	200	528.5
20	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	200.0
	6	120	240.0
	7	140	290.0

№ варианта	№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
21	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	335.1
	6	120	395.2
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
22	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	260.0
	5	100	335.1
	6	120	380.0
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
23	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	275.0
	6	120	395.2
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8

№ варианта	№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
	10	200	528.5
24	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	275.0
	6	120	400.0
	7	140	440.0
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
25	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	260.0
	5	100	335.1
	6	120	395.2
	7	140	415.0
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
26	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	275.0
	5	100	335.1
	6	120	320.0
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
27	1	20	52.3

№ варианта	№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	280.0
	5	100	335.1
	6	120	350.0
	7	140	369.2
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
28	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	280.0
	5	100	335.1
	6	120	370.0
	7	140	370.0
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5
29	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4
	4	80	215.9
	5	100	280.0
	6	120	330.0
	7	140	369.2
	8	160	350.0
	9	180	400.0
	10	200	528.5
30	1	20	52.3
	2	40	104.8
	3	60	168.4

№ варианта	№ точки прозвучивания	База прозвучивания L , см	Время прохождения ультразвукового импульса t , мкс
	4	80	215.9
	5	100	210.0
	6	120	240.0
	7	140	290.0
	8	160	418.7
	9	180	469.8
	10	200	528.5

Задача 3. Определение прочности бетона конструкции

Вариант	$t_1 * 10^{-6}c$	$t_2 * 10^{-6}c$	$t_3 * 10^{-6}c$	$t_4 * 10^{-6}c$	$t_5 * 10^{-6}c$	$t_6 * 10^{-6}c$
1	25.0	25.2	25.1	24.7	25.3	24.8
2	25.1	25.3	25.2	24.8	25.4	24.9
3	25.2	25.4	25.3	24.9	25.5	25.0
4	25.3	25.5	25.4	25.0	25.6	25.1
5	25.4	25.6	25.5	25.1	25.7	25.2
6	25.5	25.7	25.6	25.2	25.8	25.3
7	25.6	25.8	25.7	25.3	25.9	25.4
8	25.7	25.9	25.8	25.4	26.0	25.5
9	25.8	26.0	25.9	25.5	26.1	25.6
10	25.9	26.1	26.0	25.6	26.2	25.7
11	26.0	26.2	26.1	25.7	26.3	25.8
12	26.1	26.3	26.2	25.8	26.4	25.9
13	26.2	26.4	26.3	25.9	26.5	26.0
14	26.3	26.5	26.4	26.0	26.6	26.1
15	26.4	26.6	26.5	26.1	26.7	26.2
16	26.5	26.7	26.6	26.2	26.8	26.3
17	26.6	26.8	26.7	26.3	26.9	26.4
18	26.7	26.9	26.8	26.4	27.0	26.5
19	26.8	27.0	26.9	26.5	27.1	26.6
20	26.9	27.1	27.0	26.6	27.2	26.7
21	27.0	27.2	27.1	26.7	27.3	26.8
22	27.1	27.3	27.2	26.8	27.4	26.9
23	27.2	27.4	27.3	26.9	27.5	27.0
24	27.3	27.5	27.4	27.0	27.6	27.1

25	27.4	27.6	27.5	27.1	27.7	27.2
26	27.5	27.7	27.6	27.2	27.8	27.3
27	27.6	27.8	27.7	27.3	27.9	27.4
28	27.7	27.9	27.8	27.4	28.0	27.5
29	27.8	28.0	27.9	27.5	28.1	27.6
30	27.9	28.1	28.0	27.6	28.2	27.7

Задача 4. Прогнозирование остаточного ресурса железобетонных конструкций

Вариант	Момент обследования, лет	Прочность бетона на момент обследования, $\text{кгс}/\text{см}^2$
1	26	159
2	28	158
3	31	157
4	35	156
5	40	155
6	46	154
7	20	161
8	21	165
9	22	166
10	23	162
11	24	163
12	25	160
13	26	164
14	27	155
15	28	153
16	29	158
17	30	162
18	31	159
19	32	158
20	33	161
21	34	164
22	35	158
23	36	159

24	37	157
25	38	161
26	39	158
27	40	154
28	41	164
29	42	166
30	43	167

Задача 5. Расчет железобетонных конструкций

Вариант	Высота, см	Ширина, см	Защитный слой, см	Длина, м	Кол-во арматуры	Диаметр арматуры, мм	N1	N2
1	50	15	3	6.1	2	20	3000	2500
2	55	16	3.3	5.5	2	18	3500	3000
3	40	20	5	6.5	3	20	5500	4500
4	45	18	3.3	4	2	32	3400	2700
5	50	30	3.3	8	4	25	2500	2000
6	40	20	3	4.5	3	20	3600	3100
7	45	30	3.5	5	4	18	2300	1800
8	50	20	5	6.6	2	20	1500	900
9	30	10	2	3	2	14	4200	3400
10	40	15	4	3.5	2	16	1900	1200
11	50	16	3	6.1	2	20	3000	2500
12	56	18	3.3	5.5	2	18	3500	3000
13	44	22	5	6.5	3	20	5500	4500
14	45	18	3.3	4	2	32	3400	2700
15	50	35	3.3	8	4	25	2500	2000
16	40	20	3	4.5	3	20	3600	3100
17	48	26	3.5	5	4	18	2300	1800
18	50	20	5	6.6	2	20	1500	900
19	30	15	2	3	2	14	4200	3400
20	40	15	4	3.5	2	16	1900	1200
21	50	15	3	6.1	2	20	3000	2500
22	53	18	3.3	5.5	2	18	3500	3000

23	40	20	5	6.5	3	20	5500	4500
24	43	18	3.3	4	2	32	3400	2700
25	51	32	3.3	8	4	25	2500	2000
26	40	20	3	4.5	3	20	3600	3100
27	45	30	3.5	5	4	18	2300	1800
28	54	23	5	6.6	2	20	1500	900
29	25	12	2	3	2	14	4200	3400
30	42	14	4	3.5	2	16	1900	1200

Варианты заданий для контрольного задания к ПЗ №2
«ВОССТАНОВЛЕНИЕ И УСИЛЕНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ
КОНСТРУКЦИЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ»

Задача 3. Усиление железобетонной колонны

Вариант усиления 1 (усиление железобетонной обоймой)

Вариант	Сторона сечения а, см	Сторона сечения b, см	Количество стержней арматуры	Диаметр арматуры, мм	Высота этажа, м
1	50	50	4	12	6
2	60	60	4	10	7,2
3	30	30	4	12	3,6
4	35	35	4	16	4,2
5	45	45	4	18	5,4
6	35	35	4	16	4,2
7	25	25	4	12	3
8	55	55	4	16	6,6
9	28	28	4	10	3,36
10	43	43	4	14	5,16
11	50	50	4	12	6
12	60	60	4	10	7,2

13	30	30	4	12	3,6
14	35	35	4	16	4,2
15	45	45	4	18	5,4
16	35	35	4	16	4,2
17	25	25	4	12	3
18	55	55	4	16	6,6
19	28	28	4	10	3,36
20	43	43	4	14	5,16
21	50	50	4	12	6
22	60	60	4	10	7,2
23	30	30	4	12	3,6
24	35	35	4	16	4,2
25	45	45	4	18	5,4
26	35	35	4	16	4,2
27	25	25	4	12	3
28	55	55	4	16	6,6
29	28	28	4	10	3,36
30	43	43	4	14	5,16