

- Достанова, М.К. Наурызбаев, Р.Ж.Тулешова. – Алматы: Издательство Строитель и архитектор, 2017. – с.199-203.
10. Достанова, С.Х. Динамические модели мостовых пролетов [Текст] / Тр. Международной научно-практической конференции «Современные тренды в архитектуре и строительстве: энергоэффективность, энергосбережение, BIM технологии, проблемы городской среды» / С.Х. Достанова, З. Калпенова. – Алматы: 2021. – с.148-153.

УДК 69.04

Е.С. Кецко<sup>1</sup>, И.С. Кузина<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Курулуш физикасы илимий изилдөө институту, (НИИСФ РААСН)

<sup>2</sup>Москва мамлекеттик улуттук илим изилдөөчү курулуш университети (НИУ МГСУ)

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт строительной физики (НИИСФ РААСН)

<sup>2</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)

Москва, Россия

E.S. Ketsko<sup>1</sup>, I.S. Kuzina<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Research Institute of Building Physics (NIISF RAASN)

<sup>2</sup>National Research Moscow State University of Civil Engineering (NRU MGSU)

Moscow, Russia

<sup>1</sup>[kkuzzina@mail.ru](mailto:kkuzzina@mail.ru) <sup>2</sup>[ms.kuzina01@mail.ru](mailto:ms.kuzina01@mail.ru)

## РАСЧЕТНОЕ ОБОСНОВАНИЕ УСИЛЕНИЯ ИЗГИБАЕМЫХ КОНСТРУКЦИЙ УГЛЕВОЛОКНОМ

## ИЙИЛҮҮЧҮ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ КӨМҮР БУЛАСЫ МЕНЕН БЕКЕМДӨӨНҮН ЭСЕПТИК НЕГИЗДЕМЕСИ

## DESIGN JUSTIFICATION OF REINFORCEMENT OF BENDING STRUCTURES WITH CARBON FIBRE

Макалада административдик имараттын 5-кабатынын ригелдерин "Г/14-16" огунда изилдөөнүн жыйынтыктары келтирилген, 5-кабаттын ригелдерине реалдуу колдонуудагы жүктөмдөр аныкталган; текшерүү эсептөөлөрдүн жыйынтыгы боюнча изилденген конструкцияларды күчөтүү зарылдыгы аныкталган; имараттын изилденүүчү конструкцияларын күчөтүү боюнча сунуштар иштелип чыккан. Авторлор тарабынан изилденип жаткан конструкцияларды көмүр буласынын негизиндеги композиттер менен күчөтүү маселелери каралды. Көмүр буласынын негизинде композиттер менен бекемделген ригелди эсептөө ыкмасы сунушталды.

**Түйүндүү сөздөр:** көмүртек буласы, ийилүүчү дизайн, туюк болт, арматура, көтөрүү жөндөмдүүлүгү, кесилиш.

В статье приведены результаты обследования ригелей 5-го этажа административного здания в осях "Г/14-16", определены реальные действующие нагрузки на ригеля 5-го этажа; определена необходимость усиления обследованных конструкций по результатам поверочных расчетов; разработаны рекомендации по усилению обследуемых конструкций здания. Авторами рассмотрены вопросы усиления обследуемых конструкций композитами на основе углеволокна. Представлена методика расчета ригеля, усиленного композитами на основе углеволокна.

**Ключевые слова:** углеволокно, изгибаемая конструкция, ригель, армирование,

несущая способность, поперечное сечение.

The article presents the results of the survey of the 5th floor transoms of the administrative building in the axes "G/14-16", the real acting loads on the 5th floor transoms are determined; the necessity of reinforcing the surveyed structures according to the results of verification calculations is determined; the recommendations on reinforcing the surveyed building structures are developed. The authors have considered the questions of reinforcement of the inspected structures with composites on the basis of carbon fibre. The method of calculation of the transom reinforced by carbon fibre composites is presented.

**Key words:** carbon fibre, bending structure, transom, reinforcement, bearing capacity, cross section

При эксплуатации изгибаемых конструкций может возникнуть необходимость их усиления из-за потери несущей способности, увеличения нагрузок, неправильной эксплуатации, выявлении дефектов изготовления и монтажа. Одним из методов усиления таких конструкций является армирование по поверхности композитной арматурой на основе углеродных волокон.

**Результаты обследования ригелей 5-го этажа в осях "Г/14-16".** В результате обследования ригелей 5-го этажа в осях "Г/14-16" местами обнаружена коррозия арматуры ригеля (рисунок 1). Трещин и значительных дефектов, влияющих на несущую способность ригеля, не обнаружено. Техническое состояние ригеля согласно ГОСТ 31937-2011 оценивается как работоспособное. Сбор нагрузок на ригель представлен в таблице 1 [1].



Рисунок 1 - Коррозия арматуры ригеля в осях «Г/14-16»

Таблица 1 - Сбор нагрузок на ригель

| Вид нагрузки                                                                        | Нормативная нагрузка, кгс/м <sup>2</sup> | Коэффициент | Расчетная нагрузка, кгс/м <sup>2</sup> | Грузовая площадь, м <sup>2</sup> | Нормативная нагрузка, кгс/м | Расчетная нагрузка, кгс/м <sup>2</sup> |
|-------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------|----------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------------|
| Участок под стеной, l=2,65                                                          |                                          |             |                                        |                                  |                             |                                        |
| Стена лифтовой шахты<br>высота – 4,0м, толщина – 0,25м.<br>0,25×4,0×1800=1800 кгс/м |                                          | 1,1         |                                        |                                  | 1800                        | 1980                                   |
| Ригель железобетонный                                                               |                                          | 1,1         |                                        |                                  | 484                         | 532                                    |
| Итого                                                                               |                                          |             |                                        |                                  | 2284                        | 2512                                   |
| Участок под плитами, l=5,75 м                                                       |                                          |             |                                        |                                  |                             |                                        |

|                                           |     |     |     |     |      |      |
|-------------------------------------------|-----|-----|-----|-----|------|------|
| Керамогранит на цементно-песчаной стяжке  | 66  | 1,1 | 73  | 3   | 198  | 218  |
| Стяжка армированная 70мм                  | 147 | 1,1 | 162 | 3   | 441  | 485  |
| Подвесные потолки, инженерные сети        | 50  | 1,1 | 55  | 3   | 150  | 165  |
| Плита железобетонная                      | 300 | 1,1 | 330 | 2,9 | 870  | 957  |
| Ригель железобетонный                     |     | 1,1 |     |     | 484  | 532  |
| Всего                                     |     |     |     |     | 2143 | 2357 |
| Временная                                 |     |     |     |     |      |      |
| Временная п.12а табл.8.3 СП 20.13330.2011 | 305 | 1,2 | 366 | 3   | 915  | 1098 |
| Итого                                     |     |     |     |     | 3058 | 3455 |

**Исходные данные.** Сечение ригеля, компоновка арматуры и класс бетона приняты в соответствии с рисунком 2.

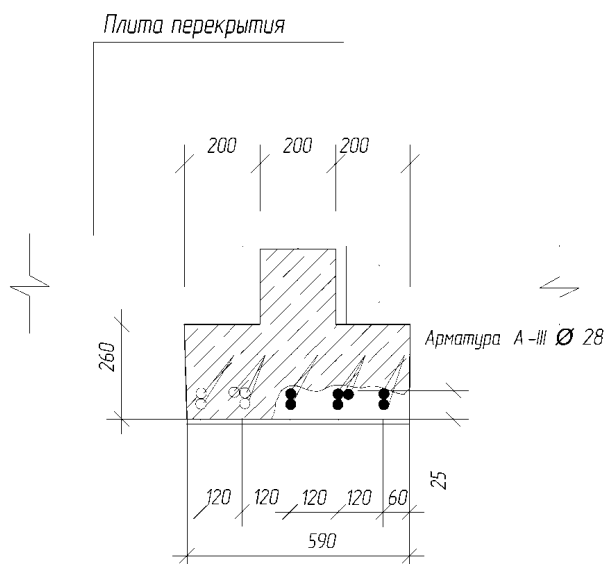


Рисунок 2 - Сечение железобетонного ригеля (9 м)

Бетон В35 (М450) расчетные характеристики  $R_b=199\text{кг/см}^2$ ,  $R_{bn}=R_{b,ser}=260\text{кг/см}^2$ ,  $R_{bt}=13,26\text{кг/см}^2$ ,  $E_b=352\,000\text{ кг/см}^2$ ,  $\gamma_{b1}=0,9$ . Рабочая продольная нижняя арматура – 5+7Ø28 А400,  $R_s=350\text{ МПа}=3570\text{кг/см}^2$ ,  $R_{sn}=400\text{ МПа}=4\,080\text{кг/см}^2$ ,  $E_s=2\times 10^5\text{ МПа}=2\times 10^6\text{кг/см}^2$ . Защитный слой 2,5см. Поперечная 4Ø6 А400,  $R_s=350\text{ МПа}=3570\text{кг/см}^2$ ,  $R_{sn}=400\text{ МПа}=4080\text{кг/см}^2$ ,  $E_s=2\times 10^5\text{ МПа}=2\times 10^6\text{кг/см}^2$ . Шаг 300мм. Ригель Р-1 9м (длина 8,6м) рассчитываем как балку таврового сечения с заданными размерами  $b \times h=59 \times 46\text{ см}$ , где  $b$  — номинальная ширина и  $h$  — высота балки. Балка шарнирно опертая. Расчетный пролет - 8,4 м. Расчет выполнен с использованием программного комплекса SCAD Office (Арбат).

**Экспертиза однопролетной балки.** Расчет выполнен по СП 63.13330.2012. Коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n=1$ . Коэффициент надежности по ответственности – 1. Конструктивное решение балки представлено на рисунке 3.

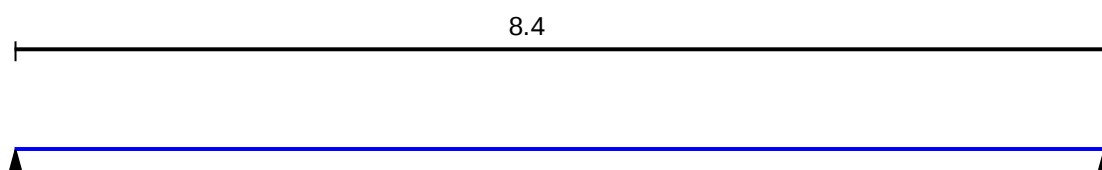


Рисунок 3 - Конструктивное решение

Габариты сечения приняты следующие (рисунок 4).  $b = 200$  мм.  $h = 460$  мм.  $b_1 = 590$  мм.  $h_1 = 260$  мм.  $a_1 = 25$  мм.  $a_2 = 25$  мм [2-3].

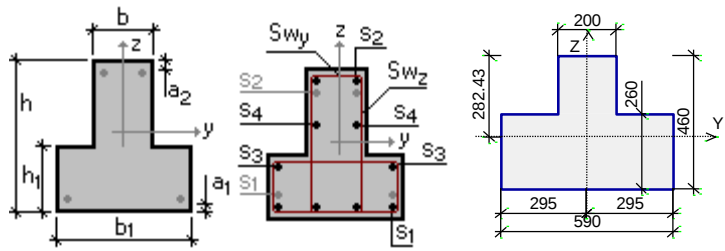


Рисунок 4 - Сечение

Продольная и поперечная арматура принята классом А400. Коэффициент условий работы – 1. Характеристики армирования представлены в таблице 2.

Таблица 2 - Заданное армирование

| Участок | Длина (м) | Арматура                                                                                                                                                                                                       | Сечение |
|---------|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1       | 8.4       | $S_1 - 4\varnothing 28 + 1 \varnothing 28$ , второй ряд $7 \varnothing 28$ .<br>Расстояние в свету между рядами 2 мм).<br>Поперечная арматура вдоль оси Z $4\varnothing 6$ ,<br>шаг поперечной арматуры 300 мм |         |

Вид бетона: тяжелый. Класс бетона: В35. Плотность бетона 2.5 Т/м3. Коэффициенты условий работы бетона. Учет нагрузок длительного действия  $\gamma_{b1}$  0.9. Результирующий коэффициент без  $\gamma_{b1}$  1. Влажность воздуха окружающей среды - 40-75%. Ограниченная ширина раскрытия трещин. Требования к ширине раскрытия трещин выбираются из условия сохранности арматуры. Допустимая ширина раскрытия трещин: Непродолжительное раскрытие 0.4 мм. Продолжительное раскрытие 0.3 мм. Результаты расчётов по загрузениям 1 и 2 представлены в таблицах 3 и 4. Значения опорных реакций представлены в таблице 5 [4-5].

Таблица 3 - Загружение 1 - постоянное

| Тип нагрузки                                                                                        | Величина | Позиция x | Ширина приложения нагрузки, s |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-------------------------------|
| длина = 8.4 м                                                                                       |          |           |                               |
|                                                                                                     | 2.512    | T/м 0     | м 2.65                        |
|                                                                                                     | 2.357    | T/м 2.65  | м 5.75                        |
| Загружение 1 – постоянное. Коэффициент надёжности по нагрузке: 1.1. Коэффициент длительной части: 1 |          |           |                               |
|                                                                                                     |          |           |                               |



Таблица 4 - Загружение 2 - временное кратковременное

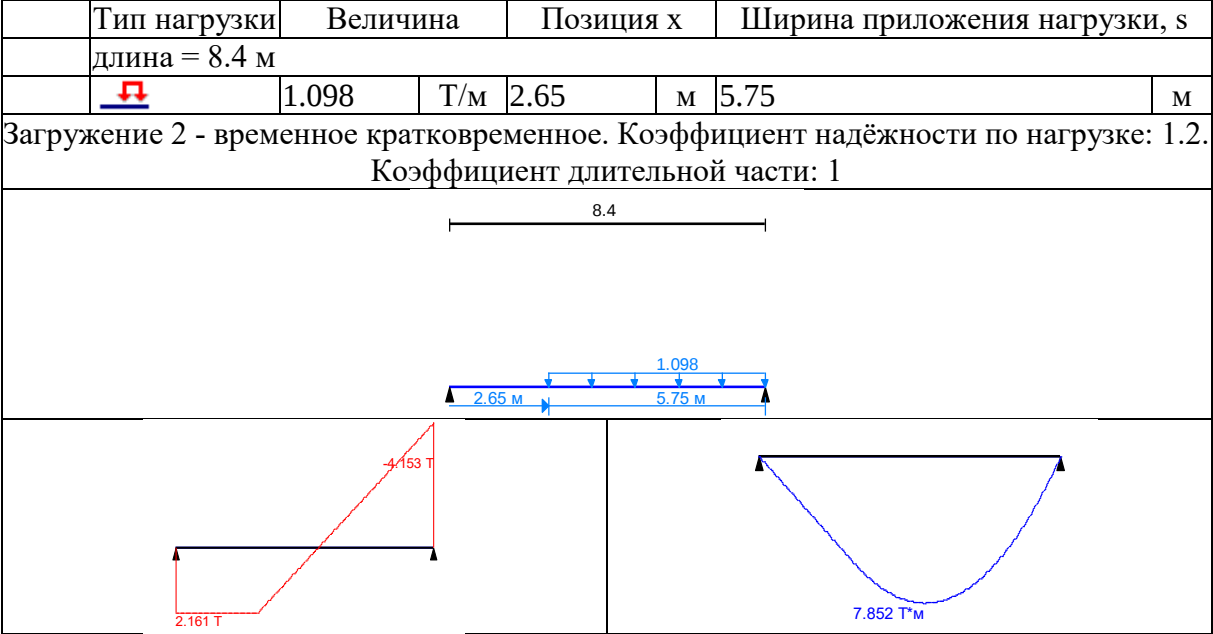


Таблица 5 - Опорные реакции

| по критерию      | Сила в опоре 1 | Сила в опоре 2 |
|------------------|----------------|----------------|
|                  | T              | T              |
| M <sub>max</sub> | 10.245         | 9.964          |
| M <sub>min</sub> | 10.245         | 9.964          |
| Q <sub>max</sub> | 12.406         | 9.964          |
| Q <sub>min</sub> | 10.245         | 14.117         |

Результаты расчёта представлены в таблице 6. Эпюра материалов по изгибающему моменту изображена на рисунке 5.

Таблица 6 - Результаты расчета

| Участок | Коэффициент использования | Проверка                                                | Проверено по СНиП         |
|---------|---------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1       | 0.776                     | Прочность по предельному моменту сечения                | п. 7.1.12                 |
|         | 0.597                     | Деформации в сжатом бетоне                              | пп. 8.1.20-8.1.30         |
|         | 0.033                     | Деформации в растянутой арматуре                        | пп. 8.1.20-8.1.30         |
|         | 0.319                     | Ширина раскрытия трещин (кратковременная)               | пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6 |
|         | 0.426                     | Ширина раскрытия трещин (длительная)                    | пп. 8.2.6, 8.2.15, 8.2.16 |
|         | 0.266                     | Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями | пп. 8.1.32, 8.1.34        |

| Участок | Коэффициент использования | Проверка                        | Проверено по СНиП  |
|---------|---------------------------|---------------------------------|--------------------|
|         | 1.135                     | Прочность по наклонному сечению | пп. 8.1.33, 8.1.34 |

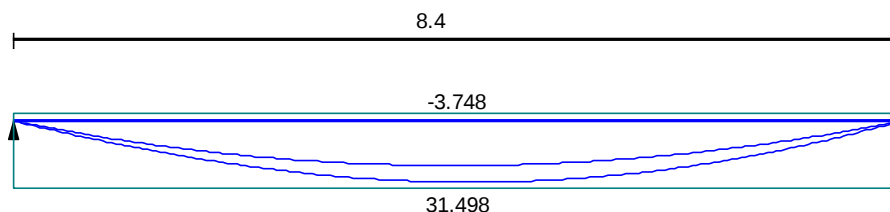


Рисунок 5 - Эпюра материалов по изгибающему моменту

Несущая способность ригеля перекрытия 5-го этажа в осях Г/14-16 обеспечена. Ригель не проходит на действие поперечных сил по наклонным сечениям - недостаточно поперечной арматуры. Необходимо усиление ригеля.

**Усиление ригелей перекрытия 5-го этажа в осях «Г/14-16».** В настоящем разделе разработаны проектные решения по усилению ригелей перекрытия 5-го этажа в осях «Г/14-16», «Г/16-17» и «Г/18-19» с расчетным обоснованием принятого решения.

Усиление ригелей производится путем наклейки в зоне опирания балки 4-х поперечных углехолстов (хомутов) в 3 слоя шириной 150 мм с расстоянием 50 мм между холстами.

**Расчет ригеля по оси «Г/14-16» усиленного композитным материалом. Исходные данные.** Нагрузки на ригель приняты по аналогии с предыдущим расчётом. Бетон В35 (М450) расчетные характеристики  $R_b=199 \text{ кг/см}^2$ ,  $R_{bn}=R_{b,ser}=260 \text{ кг/см}^2$ ,  $R_{bt}=13,26 \text{ кг/см}^2$ ,  $E_b=352\,000 \text{ кг/см}^2$ ,  $\gamma_{bt}=0,9$ . Рабочая продольная нижняя арматура – 5+7Ø28 А400,  $R_s=350 \text{ МПа}=3570 \text{ кг/см}^2$ ,  $R_{sn}=400 \text{ МПа}=4080 \text{ кг/см}^2$ ,  $E_s=2 \times 10^5 \text{ МПа}=2 \times 10^6 \text{ кг/см}^2$ . Защитный слой 2,5 см. Поперечная 4Ø6 А400,  $R_s=350 \text{ МПа}=3570 \text{ кг/см}^2$ ,  $R_{sn}=400 \text{ МПа}=4080 \text{ кг/см}^2$ ,  $E_s=2 \times 10^5 \text{ МПа}=2 \times 10^6 \text{ кг/см}^2$ . Шаг 300 мм [6-7].

Эквивалентное армирование для 3-х слоев углеволокна будет равно:

$$A_{KM} = 0,0128 \times 15 \times 3 = 0,576 \text{ см}^2$$

где,  $A_{KM}$  – площадь сечения композитного материала;

0,0128 – толщина одного холста в см;

15 – ширина холстов в см;

3 – количество слоев холстов.

$$A_{ЭКВ} = \frac{24465}{3568} \times 0,576 = 4,0 \text{ см}^2,$$

что соответствует 8-ми стержням Ø8А400, где

$A_{ЭКВ}$  – эквивалентная площадь сечения стальной арматуры;

$R_{СКМ} = 24465 \text{ кгс/см}^2$  – расчетное сопротивление композитного материала;

$R_s = 3568 \text{ кгс/см}^2$  – расчетное сопротивление арматуры А400.

Эквивалентное армирование от композитных хомутов, при усилении с одной стороны ригеля (возле лифтовой шахты) соответствует 4-м стержням Ø8А400  $R_s=350 \text{ МПа}=3570 \text{ кг/см}^2$ ,  $R_{sn}=400 \text{ МПа}=4080 \text{ кг/см}^2$ ,  $E_s=2 \times 10^5 \text{ МПа}=2 \times 10^6 \text{ кг/см}^2$ , с шагом 200мм.

Ригель Р-1 9м (длина 8,6м) рассчитываем как балку таврового сечения с заданными размерами  $b \times h = 59 \times 46 \text{ см}$ , где  $b$  – номинальная ширина и  $h$  – высота балки. Балка шарнирно опертая. Расчетный пролет - 8,4 м. Расчет выполнен с использованием программного комплекса SCAD Office (Арбат).

**Экспертиза однопролетной балки.** Расчет выполнен по СП 63.13330.2012. Коэффициент надежности по ответственности  $\gamma_n = 1$ . Коэффициент надежности по ответственности (2-е предельное состояние) = 1. Конструктивное решение балки представлено на рисунке 6. Сечение балки показано на рисунке 7.

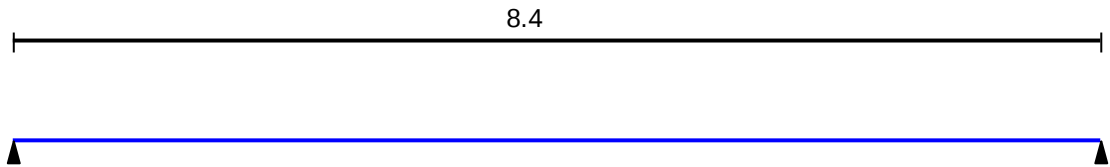


Рисунок 6 - Конструктивное решение

Характеристики сечения  $b = 200 \text{ мм}$ .  $h = 460 \text{ мм}$ .  $b_1 = 590 \text{ мм}$ .  $h_1 = 260 \text{ мм}$ .  $a_1 = 25 \text{ мм}$ .  $a_2 = 25 \text{ мм}$

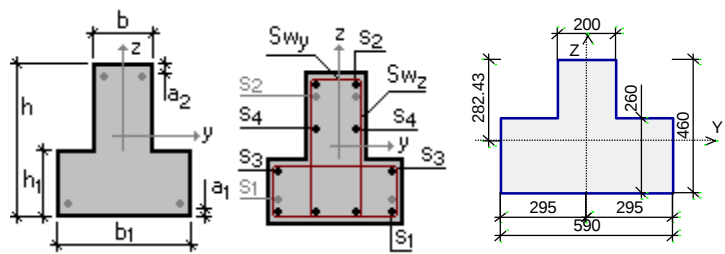


Рисунок 7 - Сечение

Арматура продольная и поперечная классом А400. Коэффициент условий работы – 1. Характеристики заданного армирования приведены в таблице 7. В таблицах 8 и 9 приведены результаты расчётов при загрузениях 1 и 2. Значения опорных реакций представлены в таблице 10 [8].

Таблица 7 - Заданное армирование

| Участок | Длина (м) | Арматура                                                                                                                                                                                             | Сечение |
|---------|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 1       | 8.4       | $S_1 - 4\varnothing 28 + 1 \varnothing 28$ , второй ряд $7 \varnothing 28$ . Расстояние в свету между рядами 2 мм) Поперечная арматура вдоль оси Z $4\varnothing 8$ , шаг поперечной арматуры 200 мм |         |

Таблица 8 - Загрузка 1 - постоянное

| Тип нагрузки                                                                                      | Величина | Позиция x | Ширина приложения нагрузки, s |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|-----------|-------------------------------|
| длина = 8.4 м                                                                                     |          |           |                               |
|                                                                                                   | 2.512    | T/м       | 0                             |
|                                                                                                   | 2.357    | T/м       | 2.65                          |
| Загрузка 1 – постоянное. Коэффициент надёжности по нагрузке: 1.1. Коэффициент длительной части: 1 |          |           |                               |
|                                                                                                   |          |           |                               |
|                                                                                                   |          |           |                               |

Таблица 9 - Загрузка 2 - временное кратковременное

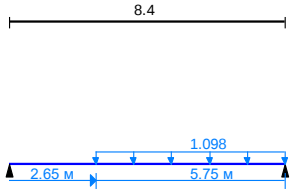
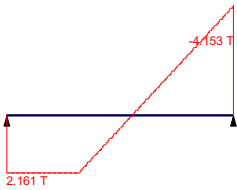
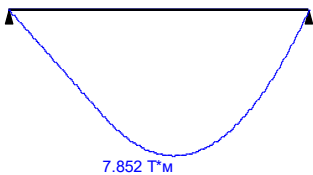
| Тип нагрузки                                                                                                        | Величина | Позиция x                                                                          | Ширина приложения нагрузки, s |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|
| длина = 8.4 м                                                                                                       |          |                                                                                    |                               |
|                                    | 1.098    | T/м 2.65 м                                                                         | м 5.75                        |
| Загрузка 2 - временное кратковременное. Коэффициент надёжности по нагрузке: 1.1.<br>Коэффициент длительной части: 1 |          |                                                                                    |                               |
|                                    |          |                                                                                    |                               |
|                                    |          |  |                               |

Таблица 10 - Опорные реакции

| по критерию      | Сила в опоре 1 | Сила в опоре 2 |
|------------------|----------------|----------------|
|                  | T              | T              |
| M <sub>max</sub> | 10.245         | 9.964          |
| M <sub>min</sub> | 10.245         | 9.964          |
| Q <sub>max</sub> | 12.406         | 9.964          |
| Q <sub>min</sub> | 10.245         | 14.117         |

Результаты расчётов представлены в таблице 11. Эпюра материалов по изгибающему моменту изображена на рисунке 8.

Таблица 11 - Результаты расчета

| Участок | Коэффициент использования | Проверка                                                | Проверено по СНиП         |
|---------|---------------------------|---------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1       | 0.776                     | Прочность по предельному моменту сечения                | п. 7.1.12                 |
|         | 0.597                     | Деформации в сжатом бетоне                              | пп. 8.1.20-8.1.30         |
|         | 0.033                     | Деформации в растянутой арматуре                        | пп. 8.1.20-8.1.30         |
|         | 0.327                     | Ширина раскрытия трещин (кратковременная)               | пп. 8.2.15, 8.2.16, 8.2.6 |
|         | 0.436                     | Ширина раскрытия трещин (длительная)                    | пп. 8.2.6, 8.2.15, 8.2.16 |
|         | 0.266                     | Прочность по бетонной полосе между наклонными сечениями | пп. 8.1.32, 8.1.34        |
|         | 0.605                     | Прочность по наклонному сечению                         | пп. 8.1.33, 8.1.34        |

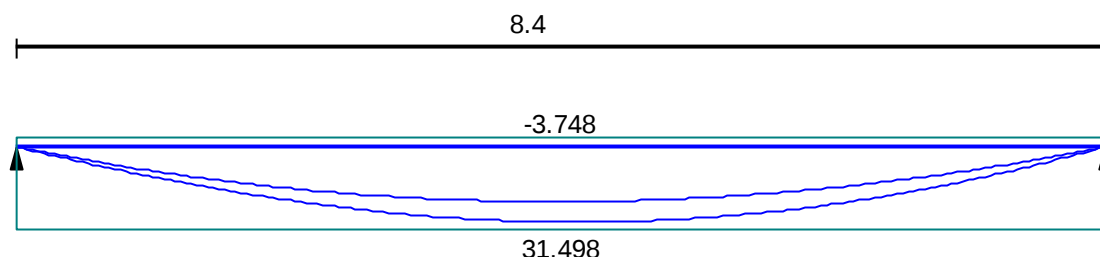


Рисунок 8 - Эпюра материалов по изгибающему моменту

Несущая способность ригеля перекрытия 5-го этажа в осях Г/14-16 при усилении обеспечена. При усилении ригель проходит на действие поперечных сил по наклонным сечениям [9-10].

### Список литературы

1. Фехретдинов, А.Р. Обследование конструкций образовательных учреждений В сборнике: Актуальные вопросы развития строительной отрасли, экологической и промышленной безопасности [Текст] [А.Р.Фехретдинов, В.И. Римшин, С.М. Анпилов, В.Л. Курбатов] // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Вологда: 2023. С. 235-239.
2. Римшин, В.И. Аналитическая обработка результатов определения ветровых нагрузок на высотные здания БСТ [Текст] / В.И.Римшин, П.С. Трунтов // Бюллетень строительной техники. - 2023. - № 4 (1064). - С. 16-19.
3. Кришан, А.Л. Учет гибкости при расчете прочности центрально сжатых трубобетонных колонн квадратного сечения [Текст] / [А.Л. Кришан, В.И. Римшин, М.А. Астафьева, А.А. Ступак, С.М. Анпилов] / Строительство и реконструкция. - 2023. - № 4 (108). - С. 47-56.
4. Римшин, В.И. Экспериментальные исследования изгибаемых элементов, имеющих повреждения арматуры вследствие контакта с хлоридной агрессивной средой / [Текст] [В.И. Римшин, Л.А.Сулейманова, П.А. Амелин, А.А.Крючков] / Эксперт: теория и практика. -2023. - № 3 (22). - С. 138-146.
5. Римшин, В.И. Обследование незавершенного строительства здания бытового обслуживания [Текст] / В сборнике: Эффективные строительные конструкции: теория и практика. сборник статей 22 Международной научно-технической конференции // В.И.Римшин, М.Н. Семенова, Р.И.Сафина // Под редакцией Н.Н. Ласькова. – Пенза: 2022. - С. 127-131.
6. Римшин, В.И. Композиционные материалы в усилении железобетонных конструкций: виды, свойства, методы производства [Текст] / В.И. Римшин, Ю.А. Пакулина // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. - 2022. - № 4. - С. 47-57.
7. Курбатов, В.Л. Применение ячеистых бетонов в современном строительстве [Текст] / В.Л. Курбатов, И.А. Дегтев, Ю.В. Денисова // Университетская наука. - 2022. - № 1 (13). - С. 64-67.
8. Трунтов, П.С. Усиление конструкций административного здания с учетом его технического состояния [Текст] / В сборнике: Дни студенческой науки. Сборник докладов научно-технической конференции по итогам научно-исследовательских работ студентов Института инженерно-экологического строительства и механизации НИУ МГСУ / П.С.Трунтов. – Москва: 2021. - С. 460-464.
9. Римшин, В.И. Анализ характерных повреждений и дефектов строительных конструкций при обследовании кирпичного жилого дома [Текст] / В сборнике: Наука и инновации в строительстве. Сборник докладов VII Международной научно-практической конференции, посвященной 170-летию В.Г. Шухова [[В.И. Римшин, Л.А.Сулейманова, П.А.Амелин, С.М.Анпилов]. -Белгород: 2023. - С. 81-89.

10. Кирюшина, М.С. Инновационные стеклопластиковые коммуникации в инженерных системах [Текст] / В сборнике: Актуальные вопросы развития строительной отрасли, экологической и промышленной безопасности. Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции // [М.С. Кирюшина, В.И. Римшин, Л.А. Сулейманова, М.А. Логунова]. – Вологда: 2023. – С. 117-120.

УДК 625.7/8

**А.Т.Маруфий<sup>1</sup>, А.Х. Абдужабаров<sup>2</sup>, М.М. Жалалдинов<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>М.Адышов атындагы ОшТУ, Ош, Кыргыз Республикасы

<sup>2</sup>Ташкент мамлекеттик техникалык университети, Ташкент, Ўзбекистан

<sup>1</sup>ОшТУ им. М.Адышева, Ош, Кыргызская Республика

<sup>2</sup>Ташкентский государственный технический университет, Ташкент, Узбекистан

**A.T.Marufiy<sup>1</sup>, A.Kh.Abdujabarov<sup>2</sup>, M.M.Jalaldinov<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>M.Adyshev State Technical University, Osh, Kyrgyz Republic

<sup>2</sup>Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

e-mail: [m.jalaldinov@mail.ru](mailto:m.jalaldinov@mail.ru)

## **АВТОУНАА ЖОЛДОРУНДАГЫ СУУ ӨТКӨРҮҮЧҮ ТҮТҮКТӨРДҮН ЖЕР ТИТИРӨӨГӨ ТУРУКТУУЛУГУН ЖОГОРУЛАТУУЧУ КОНСТРУКТИВДИК ЧЕЧИМДЕРДИН НАТЫЙЖАЛУУЛУГУ**

## **ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИНЯТЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ В ОБЕСПЕЧЕНИИ СЕЙСМОСТОЙКОСТИ ВОДОПРОПУСКНЫХ ТРУБ НА АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГАХ**

## **THE EFFECTIVENESS OF THE DESIGN DECISIONS TAKEN TO ENSURE THE SEISMIC RESISTANCE OF CULVERTS ON HIGHWAYS**

*КР Илимдер академиясынын сейсмология институтунун жана Россия Илимдер академиясынын физика жана тоо тектеринин механикасы институтунун маалыматтарын жана ошондой эле транспорттук курулушта колдонулган антисейсмикалык чечимдеринин наркын талдоо жана аныктоо боюнча жүргүзүлгөн эксперименттердин негизинде сейсмикалык күчтөргө туруктуулугу күчөтүлгөн конструкцияларды колдонуп транспорттук курулушту куруу сунушталат жана ошол эле учурда бул ишти жүзөгө ашырууда анын наркы да эсепке алынган.*

**Түйүндүү сөздөр:** экономикалык максатка ылайыктуулугу, суу өткөрүүчү түтүк, чыңалуу, деформация, сейсмикалык таасир, жылышуу.

*Используя данные Института сейсмологии Академии наук Киргизской Республики, Института Физики и механики горных пород Академии наук России, а также результаты экспериментов и анализа стоимости антисейсмических решений в транспортном строительстве, рекомендованы наиболее сейсмостойкие конструкции по сопротивляемости сейсмическим силам и по стоимости их реализации.*

**Ключевые слова:** экономическая целесообразность, водопропускная труба, напряжение, деформирование, сейсмическое воздействие, смещение.

*Using the data of the Institute of Seismology of the Academy of Sciences.CU. Institute of Physics and mechanics of rocks A. N. Russia, as well as the results of experiments and analysis of earthquake-cost solutions in the transport recommended by the construction of earthquake-resistant construction for resistance to seismic forces and the cost of their implementation.*