

УДК 624.21

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.138.2013.102486>

*Канд. техн. наук А.В. Лобяк (УкрГАЗТ),  
гл. инж. В.В. Сердюк (ООО ПКИ «ЮжтрансНИИпроект»)*

*A.V. Lobyak, V.V. Serduk*

**УТОЧНЕННАЯ МЕТОДИКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЛЕТНЫХ  
СТРОЕНИЙ МОСТОВ ПРИ УСИЛЕНИИ НАКЛАДНОЙ  
ЖЕЛЕЗОБЕТОННОЙ ПЛИТОЙ**

**IMPROVED METHODOLOGY OF BRIDGE SPANS MODELING  
BY STRENGTHENING REINFORCED CONCRETE SLABS**

*Представил д-р техн. наук, профессор А.А. Плугин*

На сегодняшний день в Украине большая часть железнодорожных и автомобильных искусственных сооружений (мостов, путепроводов, эстакад и др.) не соответствуют современным условиям эксплуатации по грузоподъемности,

габаритам проезжей части и техническому состоянию [1]. Одним из наиболее распространенных способов реконструкции пролетных строений является устройство монолитной железобетонной накладной плиты. В числе прочего преимущество

данного метода усиления определяется совместной работой сборных элементов пролетных строений в поперечном направлении, что позволяет увеличить несущую способность и исключить «клавишный эффект». Наиболее остро данная проблема относится к плитным пролетным строениям автодорожных эстакад, так как в процессе эксплуатации их шпоночные монтажные соединения довольно часто разрушаются.

Численная оценка эффекта увеличения несущей способности пролетного строения при устройстве накладной плиты будет зависеть от принятых технологических схем ремонта и существующего технического состояния конструкции. Если ремонт на период набора проектной прочности бетона накладной плиты сопровождается разгрузкой существующих сборных элементов, допускается принимать традиционные линейные методы расчета по предельному моменту [2]. В том случае, когда накладная плита включается в работу на вторую часть постоянной и временной нагрузки, расчет должен выполняться в нелинейной постановке с учетом процесса

возведения сооружения и соответствующих прочностных характеристик материалов. При этом на каждом этапе монтажа расчет должен производиться для соответствующей конструктивной схемы пролетного строения, содержащей смонтированные к этой стадии элементы.

В статье предлагается методика расчета, которая учитывает три стадии монтажа сооружения (рис. 1). Первая стадия расчета предполагает нагружение существующих элементов пролетного строения первой частью постоянных нагрузок: собственный вес пролетного строения, элементов омоноличивания, накладной плиты и усилия предварительного натяжения. На второй стадии в работу включается накладная плита, сечение воспринимает добавочные постоянные нагрузки от веса дорожной одежды, тротуарных блоков, защитного слоя, перильного и барьерного ограждения. Третья стадия предполагает сочетание постоянных и временных нагрузок. Оценка несущей способности сооружения в предложенной постановке ведется отдельно для существующих элементов пролетного строения и элементов усиления.

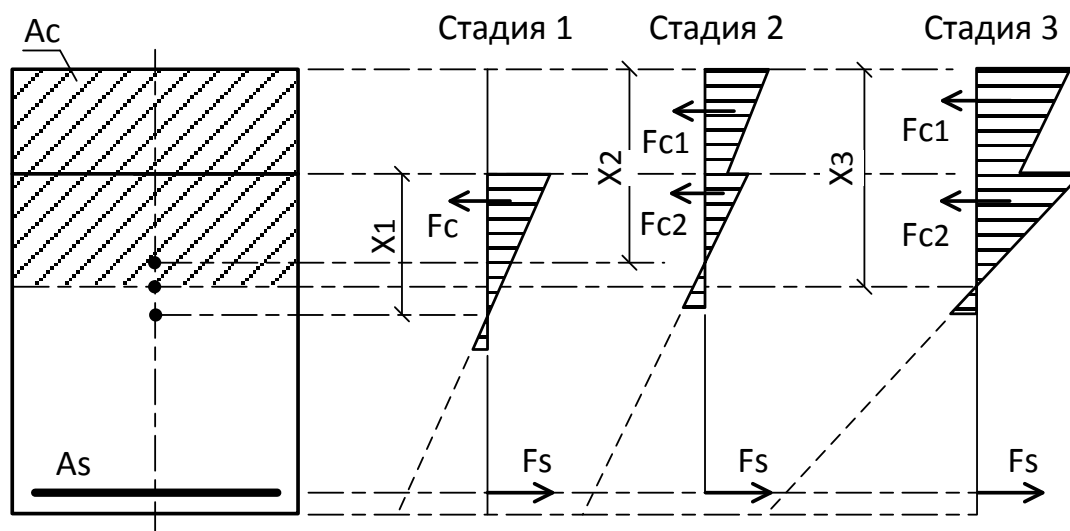


Рис. 1. Стадии работы пролетного строения

Расчет по предложенной методике учитывает:

- работу накладной плиты в составе полного сечения на отдельные виды нагрузок;
- истинные прочностные характеристики бетона для элементов, входящих в поперечное сечение;
- перераспределение усилий между элементами сечения при переходе к очередной стадии нагружения конструкции;
- нелинейные зависимости деформирования бетона и ползучести.

Современное проектирование транспортных сооружений предполагает применение программных комплексов в качестве основного инструмента компьютерного моделирования. Предложенная методика в полной мере реализуется средствами программного комплекса «Лира» [3]. Обширная библиотека конечных элементов, поддержка нелинейных законов работы материалов и мощные инструменты анализа обеспечи-

вают необходимую функциональность при численном анализе конструкций из монолитного железобетона.

Примером предложенного многостадийного моделирования служит расчет эстакады, входящей в состав реконструируемых транспортных сооружений по проспекту 50-летия СССР в г. Харькове.

Пролетное строение эстакады состоит из 31 предварительно напряженной плиты длиной 12 м (расчетная длина балки – 11.4 м) и высотой 60 см с овальными пустотами (рис. 2).

Несущие конструкции сооружения выполнены под нагрузки Н-30 и НК-80 в соответствии с типовым проектом серии 3.503-12 инв. №384/25 «Союздорпроекта». К настоящему времени по результатам обследования предполагаемая потеря прочности бетона составляет 20 %. В соответствии с типовым проектом плиты выполнены из бетона марки 400 (ближайший класс С25/30).

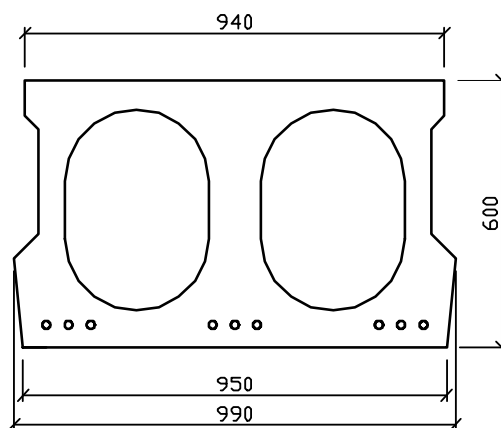


Рис. 2. Сечение существующих плит пролетного строения

В качестве напрягаемой арматуры применена горячекатаная арматурная сталь периодического профиля класса А-IV (9Ø18; привязка – 50 мм). Сила предварительного натяжения арматуры 1173.78 кН. Преднапряжение с учетом всех потерь  $\sigma_{spn2}=412.518$  МПа. Высота сжатой

зоны бетона составляет 107 мм. Предельный изгибающий момент сечения в соответствии с типовым проектом  $M_u=541.3$  кН×м. Предельный изгибающий момент сечения с учетом потери прочности бетона  $M_{uf}=520.66$  кН×м.

Реконструкция пролетного строения предполагает (рис. 3) устройство сплошной железобетонной накладной плиты с минимальной толщиной 150 мм, которая включается в совместную работу с существующими плитами пролетного строения при помощи анкеров ( $\varnothing 10$ , АП).

Анкера крепятся в восстановленные монолитные участки швов при помощи самовыравнивающегося цементно-эпоксидного раствора SikaGrout 311. Устройство плиты ведется без предварительной разгрузки пролетных строений.

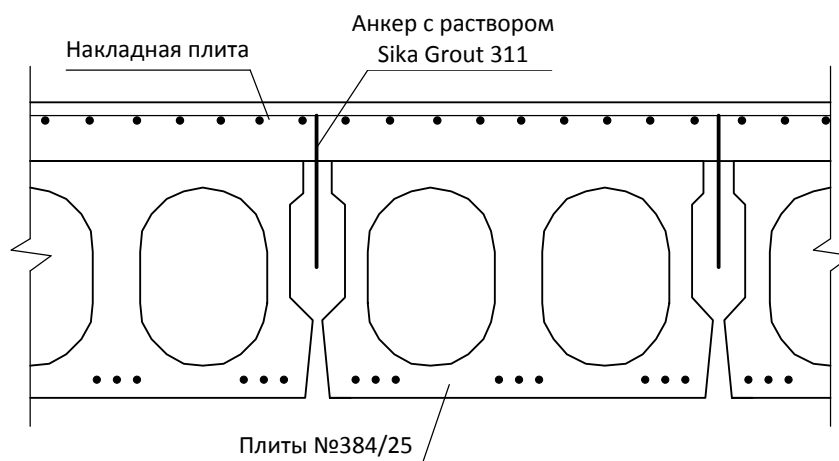


Рис. 3. Схема усиления пролетного строения

Временные нагрузки приняты по схемам Н-30 (СН 200-62), А-11 и НК-80 (ДБН В.2.3-14:2006). Расчеты выполнены для исходного состояния пролетного строения и с учетом реконструкции. Проверка несущей способности плит выполнялась по предельным моментам на каждой стадии нагружения. Расчетная

схема составлена из конечных элементов пластин, моделирующих работу накладной плиты, стержневых КЭ плит, первой группы жестких вставок для передачи усилий предварительного натяжения и второй группы жестких вставок – для «подвешивания» сборных элементов существующего пролетного строения (рис. 4, 5).

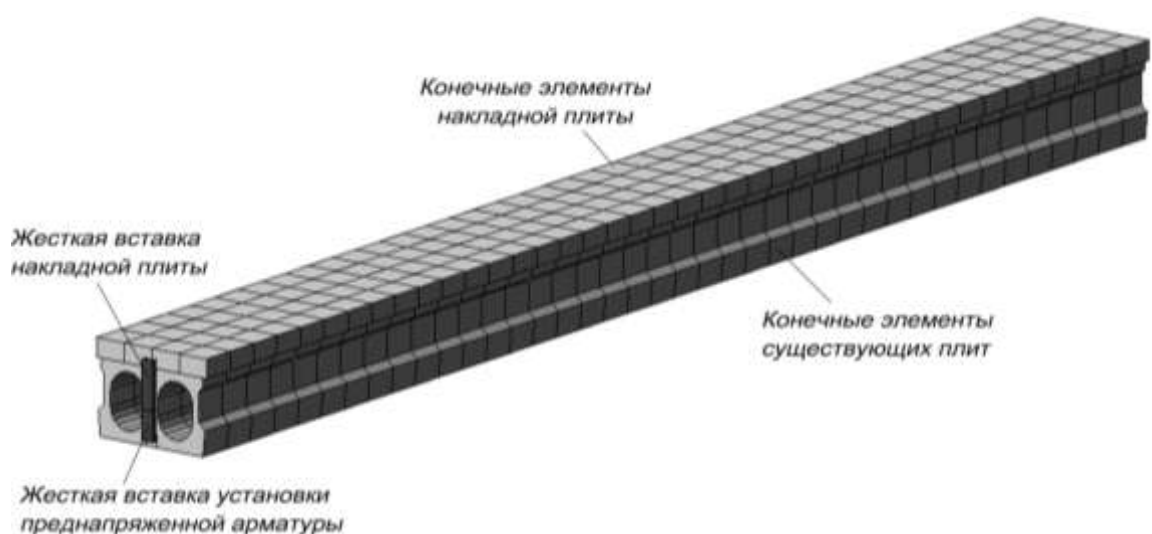


Рис. 4. Типовой фрагмент расчетной схемы пролетного строения

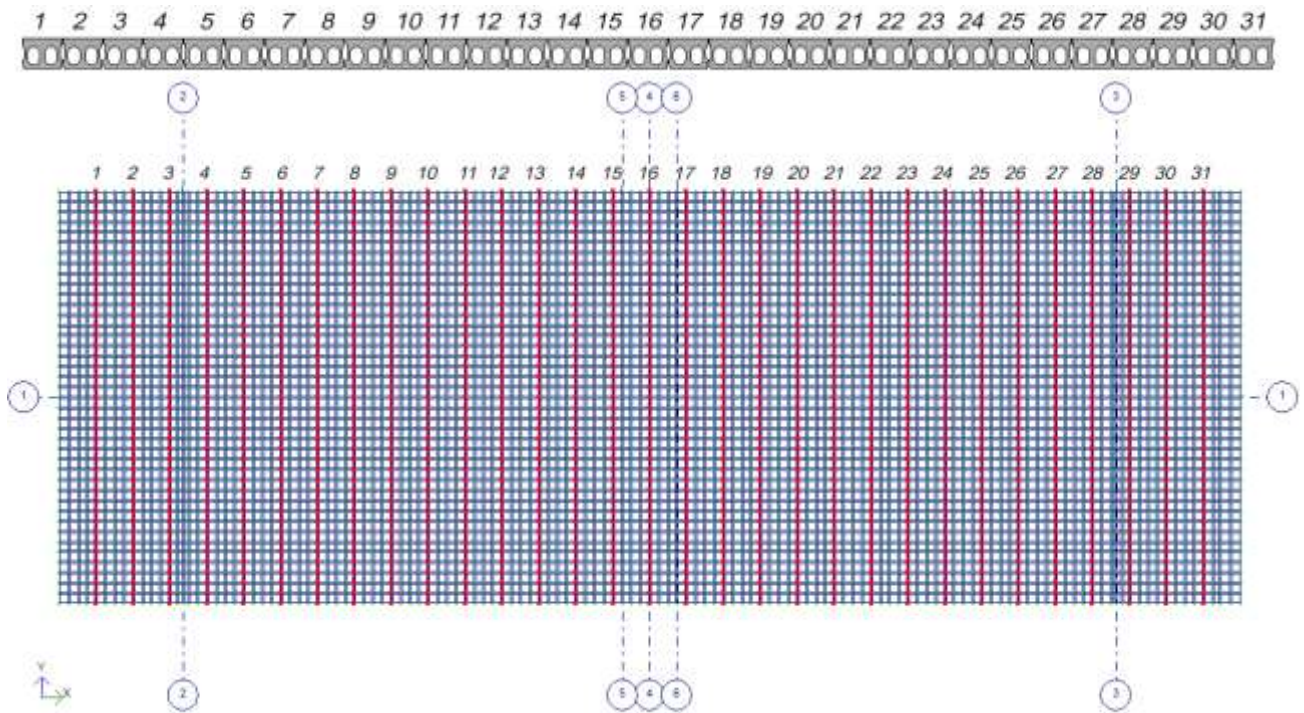


Рис. 5. Расчетная схема пролетного строения в сечении и плане

Результаты расчетов представлены в виде линий усилий, построенных для опасного сечения пролетного строения

(рис. 6, 7). Сводные результаты приведены в таблице.

Таблица

Результаты расчета

Усилие	Единица измерения	Статика	А-11 + статика + толпа	НК-80 + статика	Н-30 + статика + толпа
Максимальный изгибающий момент в плитах для исходного состояния конструкции	кН×м	323.9	602.2	483.3	524.4
Предельный момент в плитах для исходного состояния с учетом потери прочности бетона на 20 %	кН×м	520.66			
Полный изгибающий момент в сечении пролетного строения с учетом реконструкции	кН×м	366.3	643.4	532.3	591.7
Изгибающий момент в плитах пролетного строения с учетом реконструкции	кН×м	351.7	514.8	453.5	493.2
Изгибающий момент в накладной плите	кН×м	14.6	128.6	78.8	98.5

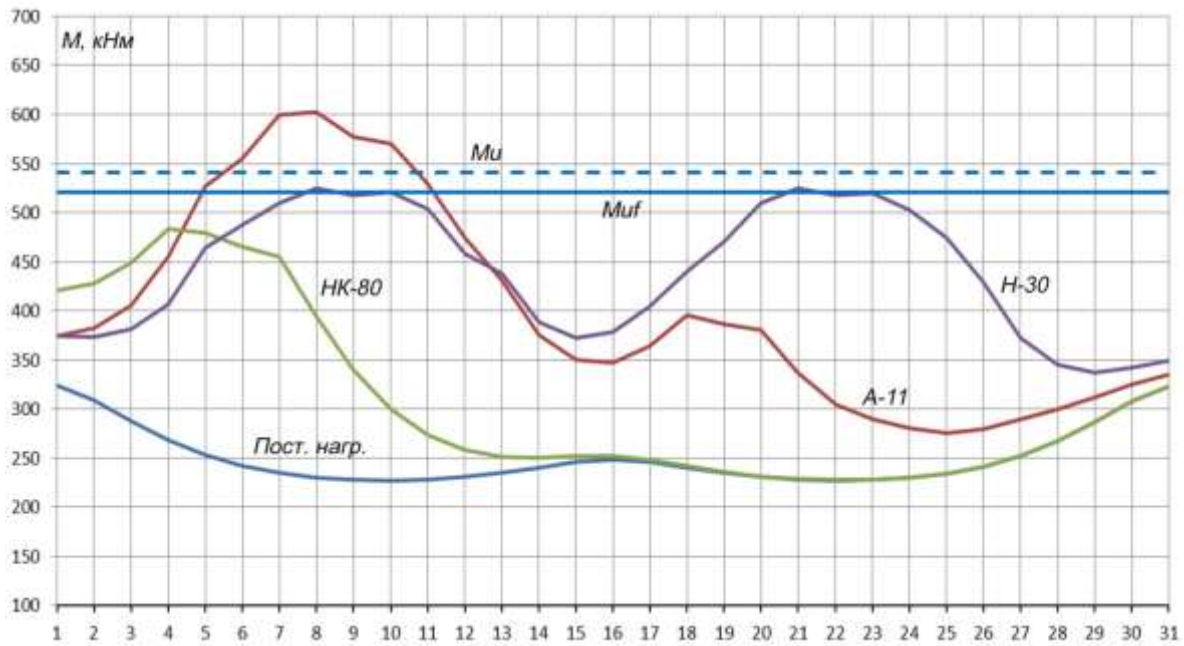


Рис. 6. Линии усилий для пролетного строения в исходном состоянии

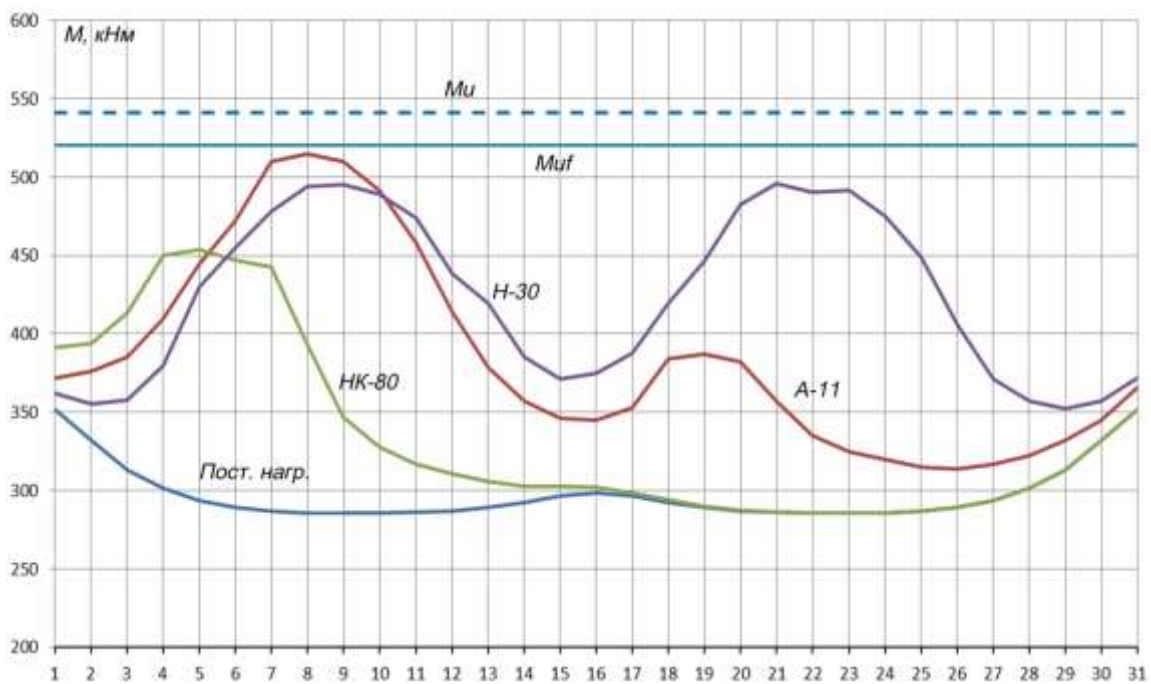


Рис. 7. Линии усилий для пролетного строения после реконструкции

На рис. 8 показано распределение напряжений для верхних волокон плиты при загрузке временной нагрузкой по схеме А-11 (с учетом пешеходов). Полученный закон изменения напряжений по высоте на последней стадии нагружения

определяет долю изгибающего момента, который приходится на накладную плиту. Изгибающий момент, воспринимаемый существующими плитами, определяется разностью полного момента и момента, приходящегося на накладную плиту.



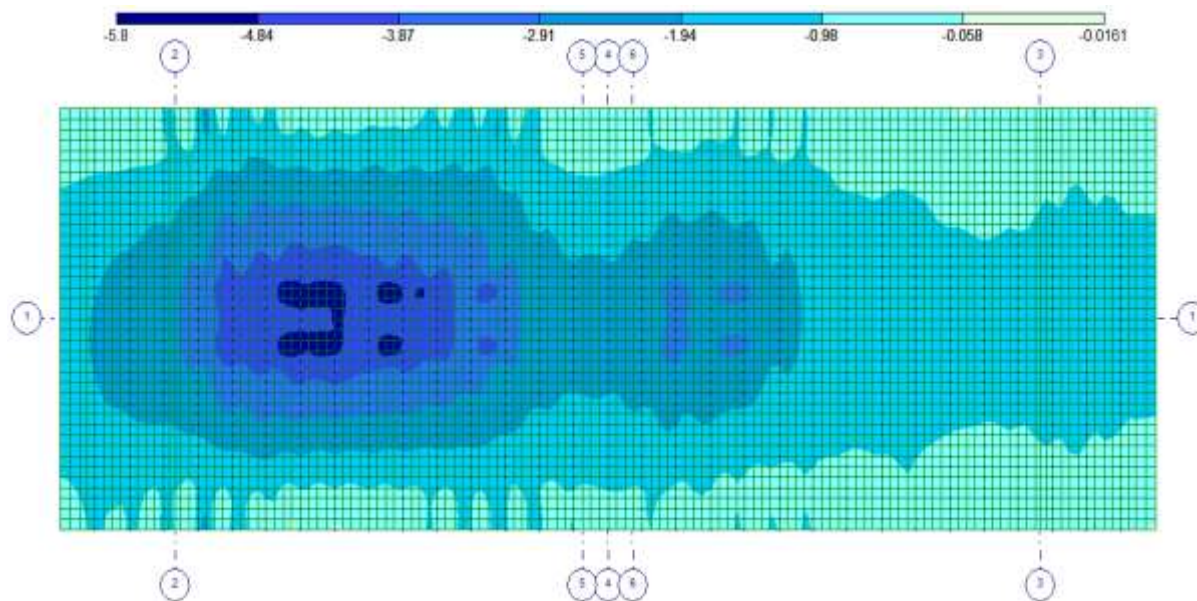


Рис. 8. Напряжения в верхних волокнах накладной плиты

Как показывают расчеты, моделирование последовательности монтажа пролетного строения приводит к уменьшению влияния накладной плиты на несущую способность сооружения после реконструкции. Доля полного изгибающего момента, возникающего от всех постоянных нагрузок и воспринимаемого накладной плитой, составляет 4 %, то же от

нагрузки по схеме А-11 (с учетом пешеходов) – 20 %, для нагрузки НК-80 – 15 %, для нагрузки Н-30 – 17 %.

Предложенная методика моделирования позволила установить истинную несущую способность эстакады после реконструкции и назначить оптимальную конструкцию усиления для соответствия современным нагрузкам НК-80 и А-11.

### Список литературы

1. Мости: конструкції та надійність [Текст]: довідник / Й.Й. Лучко, П.М. Коваль, М.М. Корнієв [та ін.]; за ред. В.В. Панасюка і Й.Й. Лучка; Нац. академія наук України. Фіз.-мех. ін-т ім. Г.В. Карпенка. – Львів: Каменяр, 2005. – 989 с.
2. ДБН В.2.3-14:2006. Мости та труби. Правила проектування [Текст]. – К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства, 2006. – 359 с.
3. Компьютерные модели конструкций [Текст]/ А.С. Городецкий, И.Д. Евзеров. – К.: Издательство «Факт», 2007. – 394 с.

**Ключевые слова:** накладная плита, эстакада, пролетное строение, моделирование.

### Аннотации

У статті розглядається методика комп'ютерного моделювання роботи плитної прогонової будови естакади після реконструкції за схемою облаштування залізобетонної накладної плити. Розрахунок припускає облік послідовності зведення спорудження за трьома стадіями.

В статье рассматривается методика компьютерного моделирования работы плитного пролетного строения эстакады после реконструкции по схеме устройства железобетонной накладной плиты. Расчеты предполагают учет последовательности возведения сооружения по трем стадиям.

In the article the method of computer simulation of the slab span overpass after reconstruction scheme device properties of concrete slabs bill. Calculation takes into consideration the sequence of construction is in three stages.