

УДК 624.04 : 624.2

РАСЧЕТ МОСТОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ ЛИРА 10

ЕВЗЕРОВ И. Д. ^{1*}, *д.т.н., с.н.с.*,
ГЕРАЙМОВИЧ Ю. Д. ², *к.т.н., с.н.с.*,
МАРЧЕНКО Д. В. ³

^{1*3} Группа компаний ЛИРА, оф. 209, 6а, ул. Кадетский Гай, 03048, г. Киев, Украина, тел. (+38 044) 520-05-23,
lira10@lira.com.ua, <http://lira.com.ua/>

Аннотация. Ознакомление широкого круга специалистов с системой МОСТ реализованной в программном комплексе ЛИРА 10. Система МОСТ предназначена для вычисления и графического отображения поверхностей / линий влияния, определения усилий от действия подвижных нагрузок и вычисления сочетания усилий от статических и подвижных нагрузок. Система МОСТ расширяет возможности проектировщика, автоматизирует многие этапы его деятельности, делает возможным, в короткие сроки, выполнить многовариантное проектирование, что в конечном счете способствует созданию более удачной конструкции моста.

Ключевые слова: ЛИРА 10; система МОСТ; мостовые конструкции; поверхности влияния; подвижные нагрузки; расчетная комбинация нагрузок

РОЗРАХУНОК МОСТОВИХ КОНСТРУКЦІЙ У ПРОГРАМНОМУ КОМПЛЕКСІ ЛІРА 10

ЕВЗЕРОВ І. Д. ^{1*}, *д.т.н., с.н.с.*,
ГЕРАЙМОВИЧ Ю. Д. ², *к.т.н., с.н.с.*,
МАРЧЕНКО Д. В. ³

^{1*3} Група компаній ЛІРА, оф. 209, 6а, вул. Кадетський Гай, 03048, м. Київ, Україна, тел. (+38 044) 520-05-23,
lira10@lira.com.ua, <http://lira.com.ua/>

Анотація. Ознайомлення широкого кола фахівців з системою МІСТ, що реалізована в програмному комплексі ЛІРА 10. Система МІСТ призначена для обчислення і графічного відображення поверхонь / ліній впливу, визначення зусиль від дії рухомих навантажень і обчислення сполучень зусиль від статичних завантажень і від дії рухомих навантажень. Система МІСТ розширює можливості проектувальника, автоматизує багато етапів його діяльності, робить можливим, в короткі терміни, виконати багатоваріантне проектування, що в кінцевому рахунку сприяє створенню більш вдалої конструкції моста.

Ключові слова: ЛІРА 10; система МІСТ; мостові конструкції; поверхні впливу; рухомі навантаження; розрахункова комбінація навантажень

BRIDGE STRUCTURES ANALYSIS USING LIRA 10 SOFTWARE PACKAGE

IEVZEROV I. D. ^{1*}, *Dr. Sc. (Tech.)*,
HERAIMOVYCH Y. D. ², *Cand. Sc. (Tech.)*,
MARCHENKO D. V. ³

^{1*3} LIRA Group Companies, office 209, 6-A, Kadetskiy Gay str., 03048, s. Kiev, Ukraine, tel. (+38 044) 520-05-23,
lira10@lira.com.ua, <http://lira.com.ua/>

Abstract. Introduction of a BRIDGE system, which is implemented in LIRA 10 software package, to a wide range of specialists. BRIDGE system is intended for evaluation and graphic display of influence surfaces / lines, evaluation of internal forces caused by live loads and evaluation of internal forces combinations caused by static loads and live loads. BRIDGE system expands engineer's opportunities, automatize various stages of his activities, makes possible to perform diverse engineering design in short terms, which eventually leads to production of a better designed bridge structure.

Keywords: LIRA 10; BRIDGE system; bridge structures; influence surfaces; live loads; design combination of loads

Развитие транспортной инфраструктуры, которая должна обеспечить комфортную доступность территорий города, предполагает как строительство разветвленной сети автомобильных дорог, так и возведение мостов (путепроводов, виадуков, эстакад, туннелей, подпорных стенок и т. п.).

Среди всего многообразия искусственных сооружений мосты - одни из самых сложных и ответственных видов инженерных сооружений, которые имеют большое разнообразие конструктивных форм (балочные, ферменные, арочные, висячие, вантовые, консольные, рамные и т. д.) используемых материалов (деревянные, каменные, железобетонные, стальные, сталежелезобетонные, алюминиевые, пластиковые и даже стеклянные) технологий возведения (навесное бетонирование, монтаж кранами, продольная надвижка, поперечная перекатка и др.) [5].

В современных условиях, когда непрерывно растут требования, предъявляемые к мостовым конструкциям (увеличение интенсивности и скоростей движения, обеспечение долговечности и выносливости), необходим анализ пространственных расчетных моделей мостов со сложной геометрией, с реальными свойствами материала и с учетом взаимодействия конструкций с основанием.

Система МОСТ в ПК ЛИРА впервые появилась в 2005 году с выходом версии 9.2 [2]. И фактически больше не развивалась, если не считать, что в версии 9.4 были добавлены таблицы задаваемых исходных данных и результатов расчета по системе МОСТ [6].

Качество проектирования мостовых конструкций зависит не только от значительного опыта выполняющих проектирование квалифицированных специалистов, но и от используемого программного обеспечения, методов и алгоритмов расчета реализованных в этом ПО. Поэтому в версии ПК ЛИРА 10.4 структуры данных и алгоритмы системы МОСТ были созданы заново.

Ниже рассмотрены довольно существенные, по мнению авторов, недоработки, которые были ликвидированы в новой версии системы МОСТ.

1. В новой версии стала возможна работа системы МОСТ во всех типах задач (ранее расчетные схемы допускалось создавать только в признаках системы 2 и 5).

2. Число статических загрузжений в новой версии стало таким же, как и для обычных линейных задач (в предыдущих версиях допускалось задание всего 15 статических загрузжений).

3. В новой версии полностью отказались от понятия линии движения (ранее поверхность влияния строилась исходя из назначенных линий движения, по которым прогонялась единичная нагрузка, и основным требованием было одинаковое расстояние между рядом идущими линиями движения).

4. Добавлена возможность использовать в узлах, где будет приложена единичная нагрузка, локальную систему координат узлов.

5. Подвижные нагрузки Одиночный трамвай и Трамвайные поезда, которые были в ранних версиях, теперь объединены в один тип подвижной нагрузки Трамвайные поезда.

6. В предыдущих версиях подвижная нагрузка была представлена в виде одной сосредоточенной нагрузки от каждой оси подвижной нагрузки. На рисунке 1, показано, как выглядела раньше нагрузка НК-100 [4].

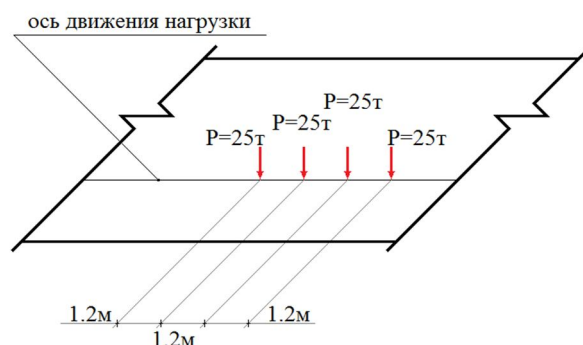


Рис. 1. Представление нагрузки НК в предыдущих версиях / Representation load OW in previous versions

Это приводило к неадекватным результатам, например, для железобетонного балочного пролетного строения при указанном размещении нагрузки НК-100 (рис. 2), проектировщик ожидал

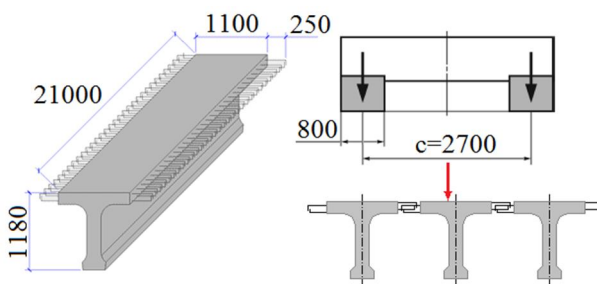


Рис. 2. Неадекватность нагружения / Inadequate loading

получить наибольшие усилия от подвижной нагрузки в первой балке, а получал их во второй.

Теперь в исходных данных по подвижным нагрузкам задается пятно контакта колес с дорожным покрытием и ширина колеи, при этом прокатка нагрузки выполняется для подвижных нагрузок АК и НК по 6 линиям влияния (рис. 3), а для трамвайных поездов и поездов метрополитена по 2 линиям влияния. При прокатке нагрузки по линиям влияния вводится понятие весовых коэффициентов к нагрузке на ось, так для линий влияния 1, 3, 4 и 6 весовой

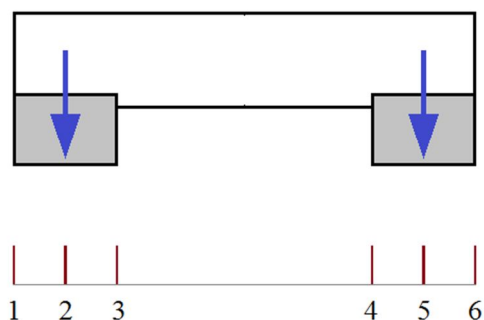


Рис. 3. Линии влияния для прокатки подвижных нагрузок АК и НК / Influence lines for moving loads rolling CW and OW

коэффициент равен $\frac{1}{8}$, а для линий влияния 2 и 5 – $\frac{1}{4}$. Понятно, что для элементов, которые находятся далеко от полотна моста и при ординатах поперечных линий влияния, подчиняющихся прямолинейному закону, результаты и при предыдущем и при теперешнем представлении подвижной нагрузки будут практически одинаковыми.

7. Предыдущая реализация системы МОСТ не была рассчитана на проектирование многоярусных мостов (рис. 4). В настоящее время осуществляется

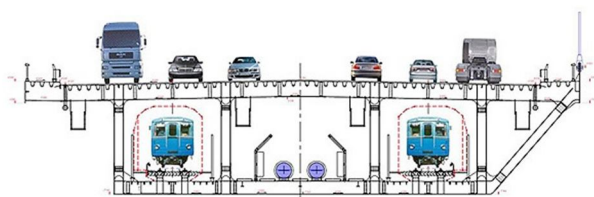


Рис. 4. Двухъярусный арочный мост через реку Днепр в городе Киеве / The bi-level arched bridge across the Dnieper River in Kiev

как проектирование, так и строительство, и есть уже построенные двухъярусные мосты – это и Подольско - Воскресенский мостовой переход (сооружается в г. Киеве через р. Днепр и рукав Десёнка, двухъярусное сооружение, состоящее из трёх мостов и соединяющих их эстакад, на верхнем ярусе шесть полос для движения автомобильного транспорта (по три полосы в обе стороны), на нижнем – Подольско - Вигуровская линия метрополитена с тремя станциями, расположенными на эстакадах: «Судостроительная», «Труханов остров» и «Залив Десёнка»), и президентский мост (официальная церемония открытия первой очереди совмещенного металлического двухъярусного балочного моста через р. Волгу, точнее через Куйбышевское водохранилище в районе г. Ульяновска состоялась 24 ноября 2009 года), и двухъярусный пешеходный мост через р. Клязьму (г. Щелково, Московской области), и автомобильный двухъярусный мост в г. Астрахани через р. Волгу (общая протяженность составит

1847 м., его проектирование планируется в рамках строительства Северного обхода г. Астрахани, движение в сторону г. Москвы будет осуществляться по нижнему ярусу, а по верхнему – в сторону г. Атырау).

В новой реализации было предусмотрена возможность расчета многоуровневых мостов. Для подавляющего числа мостов достаточно задания одного уровня, задание же нескольких уровней требуется для многоярусных мостов. Формальное ограничение на количество уровней равно 100. Уровень представляет собой перечень узлов, в которые в дальнейшем будет приложена единичная нагрузка для построения поверхностей / линий влияния. Упор сделан на построение поверхностей влияния, но для плоских признаков схемы не обойтись и без линий влияния.

8. Раньше положение подвижной нагрузки на полотне моста задавалось привязкой к первой линии движения, а учесть съезды, заезды и раздвоения дорожного полотна не представлялось возможным. В актуальной реализации было введено понятие траекторий движения. Траектория движения представляет собой незамкнутую ломанную в пределах поверхности влияния, по которой производится прокатка подвижной нагрузки (с траекторией движения совпадает продольная ось подвижной нагрузки). Начало траектории движения соответствует началу прокатки подвижной нагрузки. Считается, что прокатка подвижной нагрузки по траектории движения, которая привязана к линии влияния, выполняется без интерполяции. А прокатка нагрузки по траектории движения, привязанной к поверхности влияния, выполняется интерполяцией по ближайшим узлам уровня к которому, привязана траектория движения. При этом подвижная нагрузка своими крайними габаритами не должна выходить за пределы уровня. Контроль этого условия выполнен следующим образом, если в процессе прокатки произошел выезд за пределы уровня, но не во всех точках прокатки подвижной нагрузки, то в протоколе расчета будут выданы сообщения под номером 4007 с примерным содержанием:

– Траектория 2 (при сквозной нумерации траекторий) выходит за пределы 1 поверхности / линии влияния в точке с координатами (X, Y).

При этом процесс расчета не прерывается, а аппликаты факторов для точек, которые попали за пределы уровня, будут равны нулю. Если все точки прокатки по какой-то линии влияния вышли за пределы уровня, то выдается сообщение под номером 4006 с примерным содержанием:

– Траектория 2 (при сквозной нумерации траекторий) выходит за пределы 1 поверхности / линии влияния. И произойдет прерывание выполнения процесса расчета.

Для начала и окончания прокатки подвижной нагрузки в траектории движения предусмотрены следующие опции:

- для начала траектории – подвижная нагрузка въезжает на траекторию или же она полностью находится на траектории и начинает движение,
- для окончания траектории – подвижная нагрузка выезжает за пределы траектории или только доезжает до конца траектории.

Использование опций начала и конца для траектории движения очень просто представить в случае подкрановой балки, когда подвижная нагрузка не въезжает на траекторию, а уже на ней находится и также не имеет возможности съехать с траектории движения, а только доезжает до конца. На рисунке 5 для представленной штрихпунктирной траектории движения – опция «Доезжает» необходима для конца траектории движения.

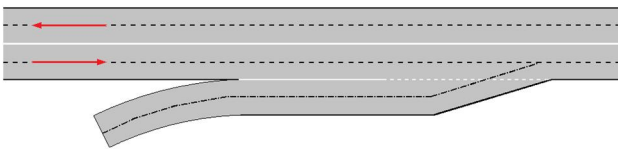


Рис. 5. Необходимость опций начала и конца для траектории движения / The need for options for the beginning and end of the path of movement

Для пешеходов и распределенной нагрузки АК опции начала и конца для траектории движения не учитываются. Максимальное число траектории движения для одного типа подвижной нагрузки на одном уровне ограничено 20.

Функциональности создания и редактирования расчетных схем в системе МОСТ ничем не отличаются от принципов работы с обычными линейными задачами. Т.е. могут быть созданы стержневая, оболочечная, объемная или комбинированная расчетные схемы мостовых конструкций.

С появлением в версии ПК ЛИРА 10.0 стержней переменного сечения моделирование мостов с полигональными нижними поясами или гранями главных балок теперь не представляет особых трудностей. Реализована возможность задания переменных сечений и жестких вставок на группы элементов. Ниже на рисунке 6 показана расчетная схема путепровода. Путепровод представляет собой рамную конструкцию типа «бегущая лань». Общая

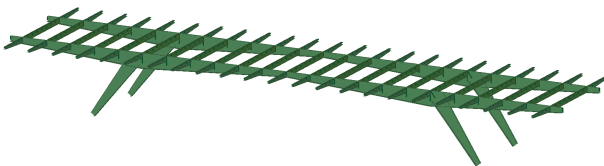


Рис. 6. Расчетная схема моста с элементами переменных сечений / The settlement scheme of the bridge with varying cross sections elements

ширина путепровода между перилами 20.0 м. Пролет путепровода – 46.0 м, длина путепровода по задним граням устоев – 69.0 м. Габарит проезжей части путепровода принят Г-16.0 м + 2 тротуара по 1.5 м.

Габарит приближения пролетного строения по высоте от 6.6 до 7.0 м.

Возможность полноценной работы с расчетной схемой «в теле» существенно сокращает количество ошибок при назначении поперечных сечений и длин жестких вставок.

В ПК ЛИРА можно выполнить расчет на подвижную нагрузку (Пешеходы, АК, Трамвайные поезда и Поезда метрополитена, НК) по следующим нормативным документам:

- СНиП 2.05.03-84* [8],
- Eurocode [10]-[14],
- ДБН В.1.2-15:2009 [4],
- ГОСТ Р 52748-2007 [3],
- СП 35.13330.2011 [9].

Рассмотрим особенности задания исходных данных и анализа результатов в системе МОСТ на примере участка эстакады (рис. 7).

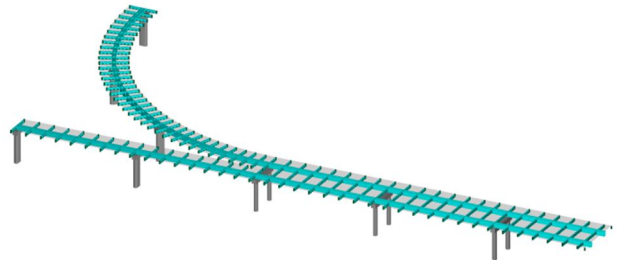


Рис. 7. Внешний вид участка эстакады / The appearance of the trestle portion

Эстакада представляет собой сталежелезобетонную конструкцию с открытыми сверху коробчатыми главными балками [1], [7]. На дальнейших рисунках плитные элементы отфрагментированы, чтобы не загромождать рисунки.

Рассмотрим только процесс задания исходных данных для системы МОСТ, полагая, что расчетная схема участка эстакады была построена. Все что связано с заданием уровней, траекторий, расчетных узлов и элементов задается в режиме «МОСТ». Для данного участка эстакады достаточно одного уровня, в который войдут узлы главных и поперечных балок (рис. 8).

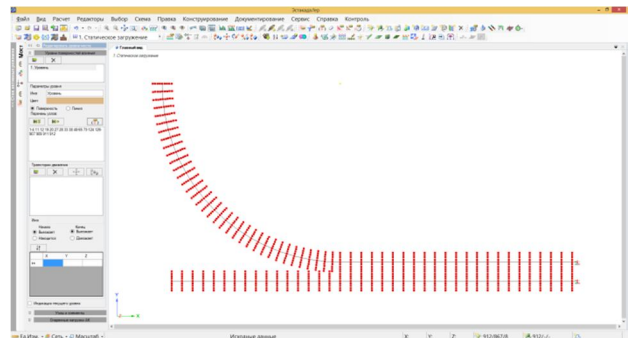


Рис. 8. Выделенные узлы уровня / Selected nodes of level

Траекторий движения необходимо задать четыре: две для подвижной нагрузки Пешеходы и две для

подвижных нагрузок АК и НК. Одна и та же траектория движения может быть использована в разных нагрузках, и нет необходимости задавать две одинаковые траектории движения, хотя это и не запрещено. Траектории движения задаются координатами точек – это может быть как ручное занесение координат, так и с помощью контекстного меню в узлах зацепления: узлы расчетной схемы, сети построения и строительных осей. Существует возможность задавать следующую траекторию движения копируя текущую. Заданные траектории движения отображаются синим цветом, а текущая траектория движения подсвечивается красным цветом (рис. 9).

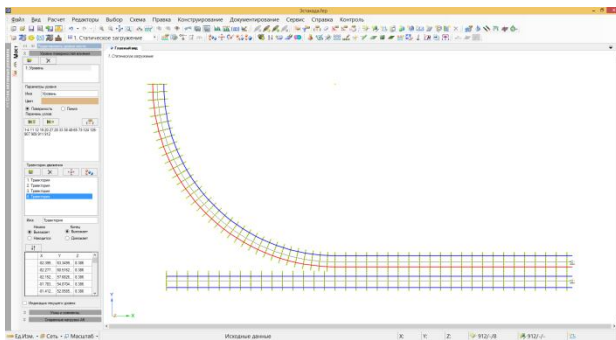


Рис. 9. Задание траекторий движения / Setting trajectories of motion

В раскрывающейся панели «Узлы и элементы» задается перечень расчетных узлов и элементов для расчета в системе МОСТ. В предельном случае это могут быть все узлы и элементы расчетной схемы. Для данного участка эстакады в качестве расчетных узлов и элементов укажем все узлы и элементы расчетной схемы.

При рассмотрении данного примера не будем учитывать сдвоенные нагрузки, хотя ДБН В.1.2-15:2009 предполагает для опорного сечения балки учет двух тележек, а СП 35.13330.2011 предполагает учет сдвоенных нагрузок НК.

Заданные уровни, траектории движения, рассчитываемые узлы и/или элементы являются минимальной информацией для расчета по системе МОСТ. В этом случае для расчетных узлов и/или элементов будут построены поверхности / линии влияния.

Задание подвижных нагрузок, их параметров: расстояние между осями, ширина колеи, размеры пятна контакта колеса с дорожным покрытием, значения нагрузки, значения коэффициентов надежности по нагрузке γ_f и динамических коэффициентов $1 + \mu$ задаются в редакторе загружений. На рисунке 10 показано окно задания подвижной нагрузки АК.

Привязка подвижной нагрузки к траекториям движения осуществляется выбором в выпадающем списке требуемого уровня и указанием галочки напротив требуемой траектории движения.

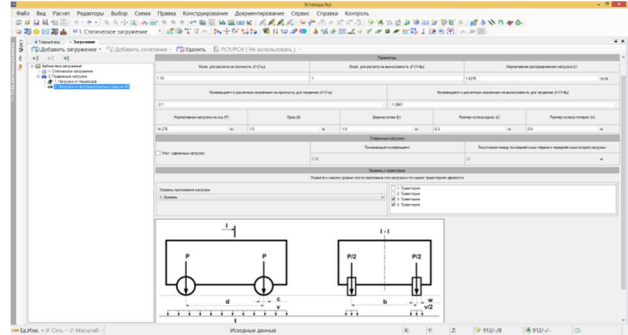


Рис. 10. Окно задания нагрузки АК / Window task load CW

В родительском загружении «Подвижные нагрузки» (рис. 11) задаются коэффициенты полосности s_1 для нагрузки АК, коэффициент k_1 к Пешеходам при сложении с нагрузкой АК и коэффициент s_2 к временной нагрузке, которая оказывает меньшее воздействие при одновременном загружении полос автомобильного движения (совместно с тротуарами) и рельсовых путей (метрополитена

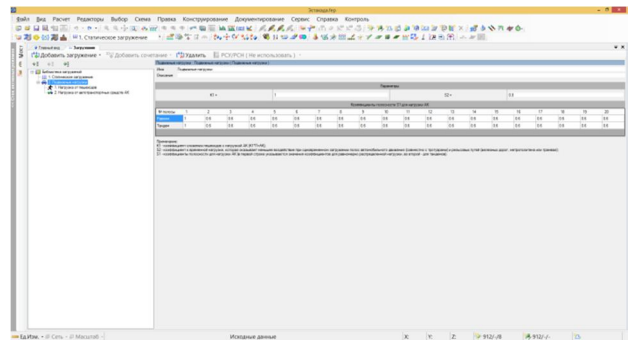


Рис. 11. Родительское загружение «Подвижные нагрузки» / Parent loading «Moving load»

или трамвая). При этом выбор неблагоприятной полосы движения осуществляется автоматически внутри программы.

После выполнения расчета, для графического анализа результатов по системе МОСТ предусмотрено два режима:

- «Поверхности / линии влияния»;
- «Результаты системы МОСТ».

Выведем поверхность влияния продольного усилия в колонне, расположенной возле раздвоения проезжей части под отходящей в сторону главной балкой (рис. 12).

Режим «Поверхности / линии влияния» позволяет проанализировать поверхности влияния перемещений узлов, усилий и напряжений элементов по всем факторам:

- для перемещений: степени свободы;
- для элементов: виды усилий.

Режим «Результаты системы МОСТ» предназначен для анализа результатов по заданным

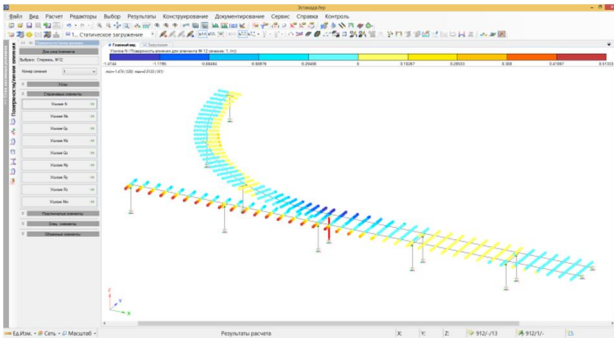


Рис. 12. Поверхность влияния продольного усилия в выделенной колонне / The surface of the influence of axial force in the selected column

статическим нагружением, по подвижным нагрузкам и по полученным комбинациям нагружений. Этот режим позволяет оценить уровень перемещений от нормативных нагрузок, уровень усилий и напряжений, как от нормативных, так и от расчетных и расчетов на выносливость. Посмотреть их можно в виде экстремальных значений по выбранному фактору. На рисунке 13 приведены минимальные расчетные значения, а на рисунке 14 – максимальные расчетные значения изгибающего момента в главных балках.

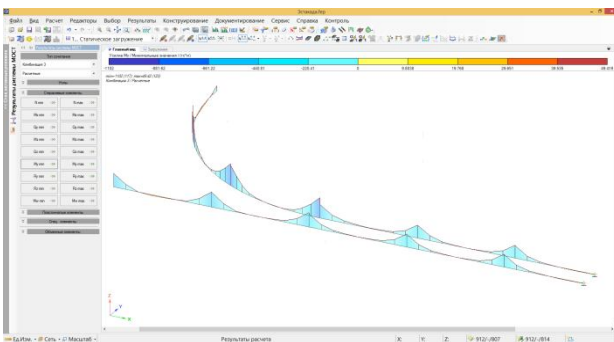


Рис. 13. Минимальные значения изгибающего момента / Minimum values of bending moment

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. ГБН В.2.3.-37641918-553:2013. Мости та труби. Сталезалізобетонні конструкції. – Київ: Укравтодор, 2013. – 77 с.

GBN V.2.3.-37641918-553:2013. Mosti ta trubi. Stalezalizobetonni konstruktsii. – Kif v: Ukravtodor, 2013. – 77 s.

2. Городецкий А. С. Расчет мостовых конструкций в программном комплексе ЛИРА / А. С. Городецкий, Ю. Д. Гераймович, Д. В. Марченко // САПР и графика. – Москва, 2010. – Вып. 1 – С. 70-74.

Gorodetskiy A. S. Raschet mostovykh konstruktsiy v programmnom komplekse LIRA / A. S. Gorodetskiy, YU. D.

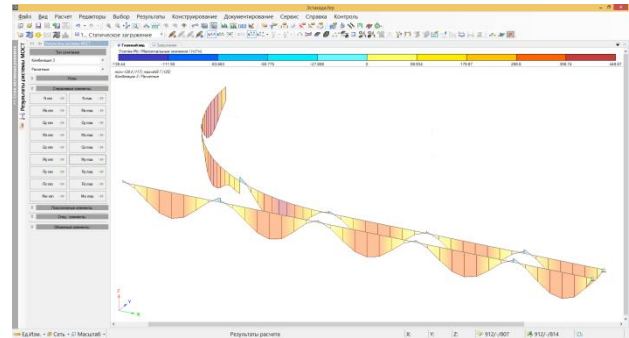


Рис. 14. Максимальные значения изгибающего момента / Maximum values of bending moment

Для вывода результатов расчета используется режим «Таблицы результатов».

Список создаваемых таблиц весьма внушительен, сами таблицы разбиты по категориям:

- по типам нагружений (нормативные, расчетные, для расчетов выносливости);
- по видам нагрузок (статические, Пешеходы, АК (в том числе отдельно равномерно-распределенная и тележка), Трамвайные поезда, Поезда метрополитена, НК);
- по примитивам расчетной схемы (узлы, стержни, пластины, объемные и специальные элементы).

На этом небольшом примере мы рассказали об основных изменениях в системе МОСТ, показали основные принципы задания входной информации и анализа результатов в системе МОСТ, а также постарались убедить, что сделанные изменения весьма прогрессивны. В действительности при переработке системы МОСТ был выполнен колоссальный объем работы и мы надеемся, что пользователи по достоинству оценят появившиеся нововведения в системе МОСТ.

Мы открыты для сотрудничества: присылайте свои идеи, пожелания, замечания и Вы увидите необходимые функции, требуемую визуализацию и выводимую информацию в следующих релизах и версиях ПК ЛИРА 10.

Geraymovich, D. V. Marchenko // SAPR i grafika. – Moskva, 2010. – Вып. 1 – С. 70-74.

3. ГОСТ Р 52748-2007. Дороги автомобильные общего пользования. Нормативные нагрузки, расчетные схемы нагружения и габариты приближения. – Москва: Стандартинформ, 2008. – 10 с.

GOST R 52748-2007. Dorogi avtomobil'nyye obshchego pol'zovaniya. Normativnyye nagruzki, raschetnyye skhemy nagruzheniya i gabarity priblizheniya. – Moskva: Standartinform, 2008. – 10 s.

4. ДБН В.1.2-15:2009. Мости та труби. Навантаження і впливи. – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. – 83 с.

DBN V.1.2-15:2009. Mosti ta trubi. Navantazhennya i vplyvi. – Kif v: Minregionbud Ukraїni, 2009.– 83 s.

5. Корнеев М. М. Стальные мосты: Теоретическое и практическое пособие по проектированию мостов /

М. М. Корнеев. – в 2 томах. – Киев: Академпрес, 2010. – Т.1. – 532 с.

Korneyev M. M. Stal'nyye mosty: Teoreticheskoye i prakticheskoye posobiye po proyektirovaniyu mostov / M. M. Korneyev. – v 2 tomakh. – Kiyev: Akadempres, 2010. – T.1. – 532 s.

6. ЛИРА 9.4. Руководство пользователя. Основы: учебное пособие / Е. Б. Стрелец-Стрелецкий, В. Е. Боговис, Ю. В. Гензерский, Ю. Д. Гераймович, Д. В. Марченко, В. П. Титок. – Киев: Факт, 2008. – 164 с.

LIRA 9.4. Rukovodstvo pol'zovatelya. Osnovy: uchebnoye posobiye / Ye. B. Strelets-Streletskiy, V. Ye. Bogovis, YU. V. Genzerskiy, YU. D. Geraymovich, D. V. Marchenko, V. P. Titok. – Kiyev: Fakt, 2008. – 164 s.

7. Корнеев М. М. Сталежелезобетонные мосты: Пособие по проектированию мостов / М. М. Корнеев. – Санкт-Петербург: Издательство, 2015. – 370 с.

Korneyev M. M. Stalezhelezobetonnyye mosty: Posobiye po proyektirovaniyu mostov / M. M. Korneyev. – Sankt-Peterburg: Izdatel'stvo, 2015. – 370 s.

8. СНиП 2.05.03-84*. Мосты и трубы. – Москва: ФГУП ЦПП, 2004. – 239 с.

SNiP 2.05.03-84*. Mosty i truby. – Moskva: FGUP TSPP, 2004. – 239 s.

9. СП 35.13330.2011. Мосты и трубы. – Москва: ОАО ЦПП, 2011. – 340 с.

SP 35.13330.2011. Mosty i truby. – Moskva: OAO TSPP, 2011. – 340 s.

10. EN 1991-2:2003. Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges. – Brussels: CEN, 2003. – 165 p.

EN 1991-2:2003. Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges. – Brussels: CEN, 2003. – 165 p.

11. EN 1992-2:2005. Eurocode 2: Design of concrete structures - Concrete bridges - Design and detailing rules. – Brussels: CEN, 2005. – 95 p.

EN 1992-2:2005. Eurocode 2: Design of concrete structures - Concrete bridges - Design and detailing rules. – Brussels: CEN, 2005. – 95 p.

12. EN 1993-2:2006. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 2: Steel Bridges. – Brussels: CEN, 2009. – 102 p.

EN 1993-2:2006. Eurocode 3: Design of steel structures - Part 2: Steel Bridges. – Brussels: CEN, 2009. – 102 p.

13. EN 1994-2:2005. Eurocode 4 - Design of composite steel and concrete structures - Part 2: General rules and rules for bridges. – Brussels: CEN, 2005. – 90 p.

EN 1994-2:2005. Eurocode 4 - Design of composite steel and concrete structures - Part 2: General rules and rules for bridges. – Brussels: CEN, 2005. – 90 p.

14. EN 1998-2:2005. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 2: Bridges. – Brussels: CEN, 2005. – 150 p.

EN 1998-2:2005. Eurocode 8: Design of structures for earthquake resistance - Part 2: Bridges. – Brussels: CEN, 2005. – 150 p.

Статья рекомендована к публикации д.т.н. Барабаш М.С. (Украина)

Статья поступила в редколлегию 03.08.2015