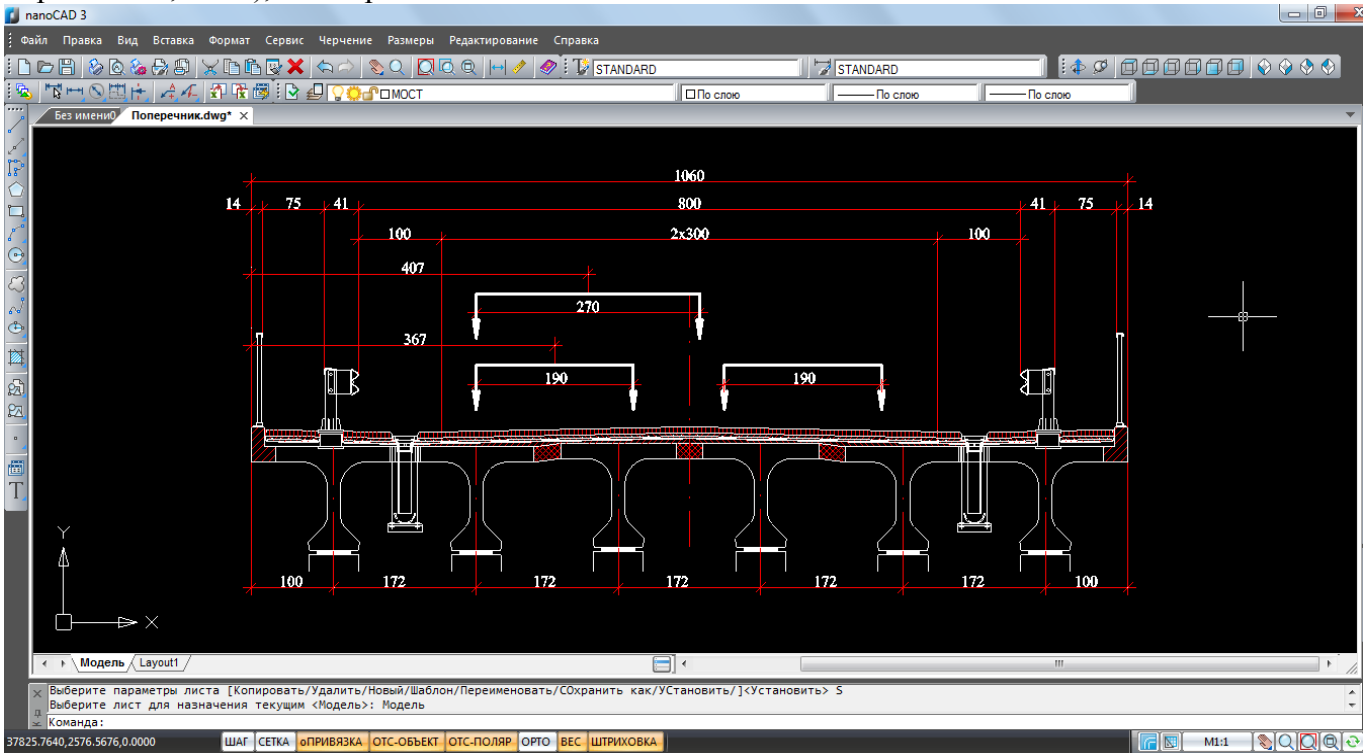


## Важная особенность модуля МОСТ (загрузка линий влияния)

К программному комплексу ЛИРА предлагается очень хорошая штука, правда, за не менее очень хорошие деньги - система МОСТ. Она позволяет загружать пролеты моста подвижной нагрузкой, прокатывая по заданным линиям движения единичную нагрузку, а затем загружая получившиеся поверхности влияния тележками АК, НК, СК, трамваями, пешеходами и проч. В сети нетрудно найти разные руководства к ней, но здесь я покажу свою переписку с разработчиком (Юрий Гераймович, Киев), в которой он объясняет один очень важный нюанс:



Здравствуй Юрий.

<...> в примере, приведенном ниже, я столкнулся с интересной проблемой. Файлы исходных данных и результатов прилагаются. Пролетное строение в поперечнике представляет собой ребристую плиту, моделируемую с помощью жестких вставок. Эквивалентный момент в двутавровой балке  $M_{эkv} = N \cdot e + M_u$ , где  $N$  - продольная сила в стержне,  $e$  - длина жесткой вставки, равная расстоянию между центрами тяжести плиты и стержня,  $M_u$  - изгибающий момент в стержне. Изгибающий момент в плите игнорируется, т.к. обычно составляет 1-2 т\*м. Целью расчета было определение усилий в балке Б2 (элементы 261-270) при расположении наружных колес нагрузок А14 и Н14 по оси этой балки (схему расположения нагрузок см. рисунок AutoCAD и картинки в файле "усилия.xls"). Длина пролета составляет 21 м, расчетная длина - 20,4 м. Значения временных подвижных нагрузок, коэфф. надежности, привязки поперек моста заданы в соответствии со СНиП 2.05.03-84\* "Мосты и трубы" и ГОСТ Р 52748-2007. Расчет с использованием системы "МОСТ" (релиз от 13.02.07) привел к неожиданным результатам. При действии нагрузки Н14 по указанной схеме наиболее нагруженной оказалась не вторая, а третья балка (расчетный изгибающий момент от действия постоянных и временной нагрузки Н14 составил: для балки 2 (элемент 270)  $M=279,7$  т\*м; для балки 3 (элемент 290)  $M=329,2$  т\*м). Еще более удивительным оказался результат по поперечной силе в опорных сечениях этих балок (элементы 261 и 281): соответственно 52,8 т в балке 2 и 81,6 т в балке 3. Т.к. над опорой

КПУ вычисляется по методу рычага, неправдоподобность этих результатов очевидна. Для проверки результатов расчета в системе "МОСТ" временные подвижные нагрузки были заданы как статические, сравнение результатов расчетов

приведено ниже:

1) расчет в системе "МОСТ"

- балка 2  $M(A14+пост)=259,7$  т\*м

(элемент 270)  $M(H14+пост)=279,7 \text{ т*м}$   
- балка 3  $M(A14+пост)=291,75 \text{ т*м}$   
(элемент 290)  $M(H14+пост)=329,2 \text{ т*м}$   
2) статический расчет с использованием РСН  
- балка 2  $M(A14+пост)=258,2 \text{ т*м}$   
(элемент 270)  $M(H14+пост)=282,86 \text{ т*м}$   
- балка 3  $M(A14+пост)=287,7 \text{ т*м}$   
(элемент 290)  $M(H14+пост)=277,82 \text{ т*м}$

Как видно, расхождение результатов по расчетным моментам в середине пролета для балки 3 (элемент 290) при действии нагрузки Н14 составляет 18,5%. Для остальных элементов и нагрузки А14 расхождения нет. Для дальнейшей проверки было выполнено загрузку линий влияния, полученных в системе "МОСТ" для элементов 270 и 290, нормативной нагрузкой Н14 (вторая ось Н14 находится точно посередине пролета). Было принято, что правые колеса Н14 проходят точно по линии движения 4 (ось балки 2), а левые - по линии движения 7 (середины монолитного участка между балками 3 и 4). Смещением левых колес на 12 см относительно л.двиг. 7 я пренебрег.

Результаты следующие:

- элемент 270, сечение 2

$$M_{экв} = N * e + M_y = 12,85 * 0,723 * (2,065 + 1,632 + 1,987 + 1,572 + 0,592 + 0,587 + 0,584 + 0,565) + 12,85 * (0,853 + 0,826 + 0,379 + 0,276 + 0,22 + 0,214 + 0,216 + 0,204) = 89,04 + 40,96 = 130,0 \text{ т*м.}$$

Расчет в системе "МОСТ" выдал 122,6 т\*м, расчет по РСН - 125,4 т\*м.

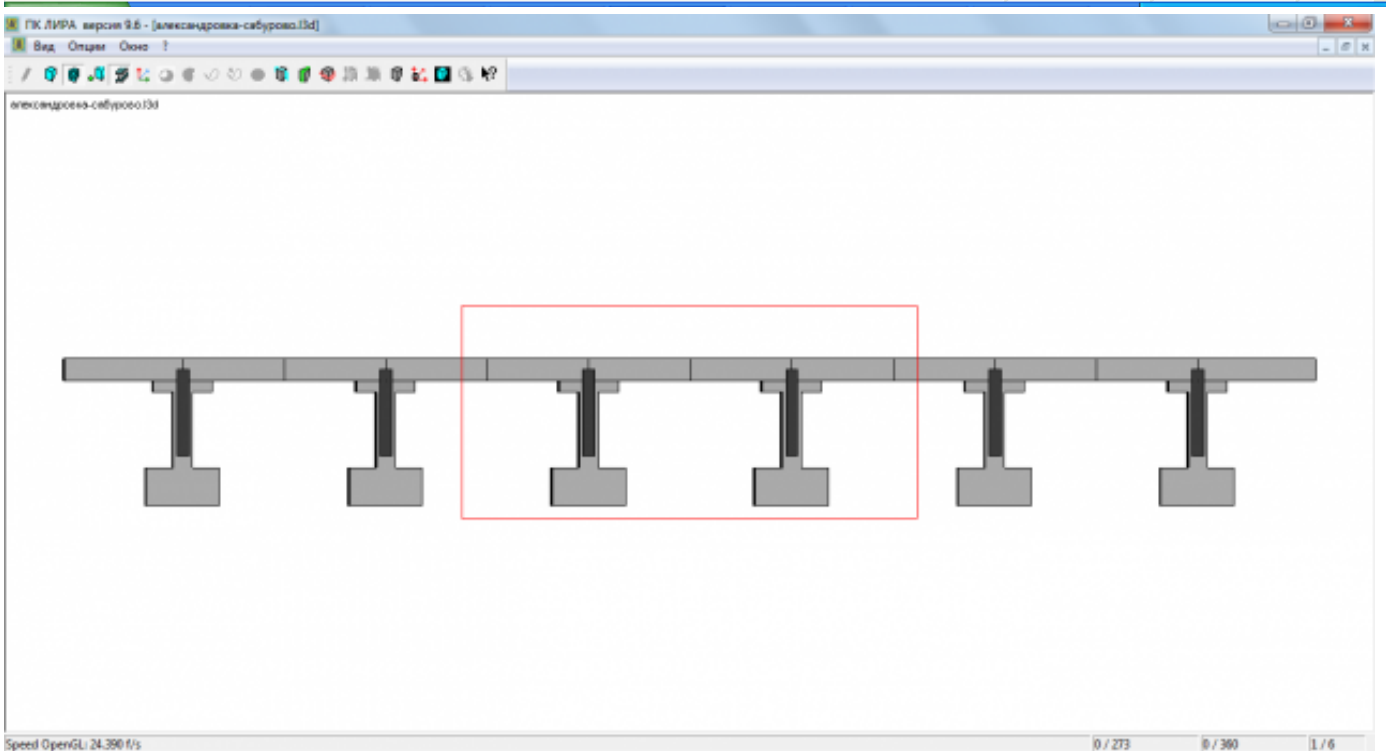
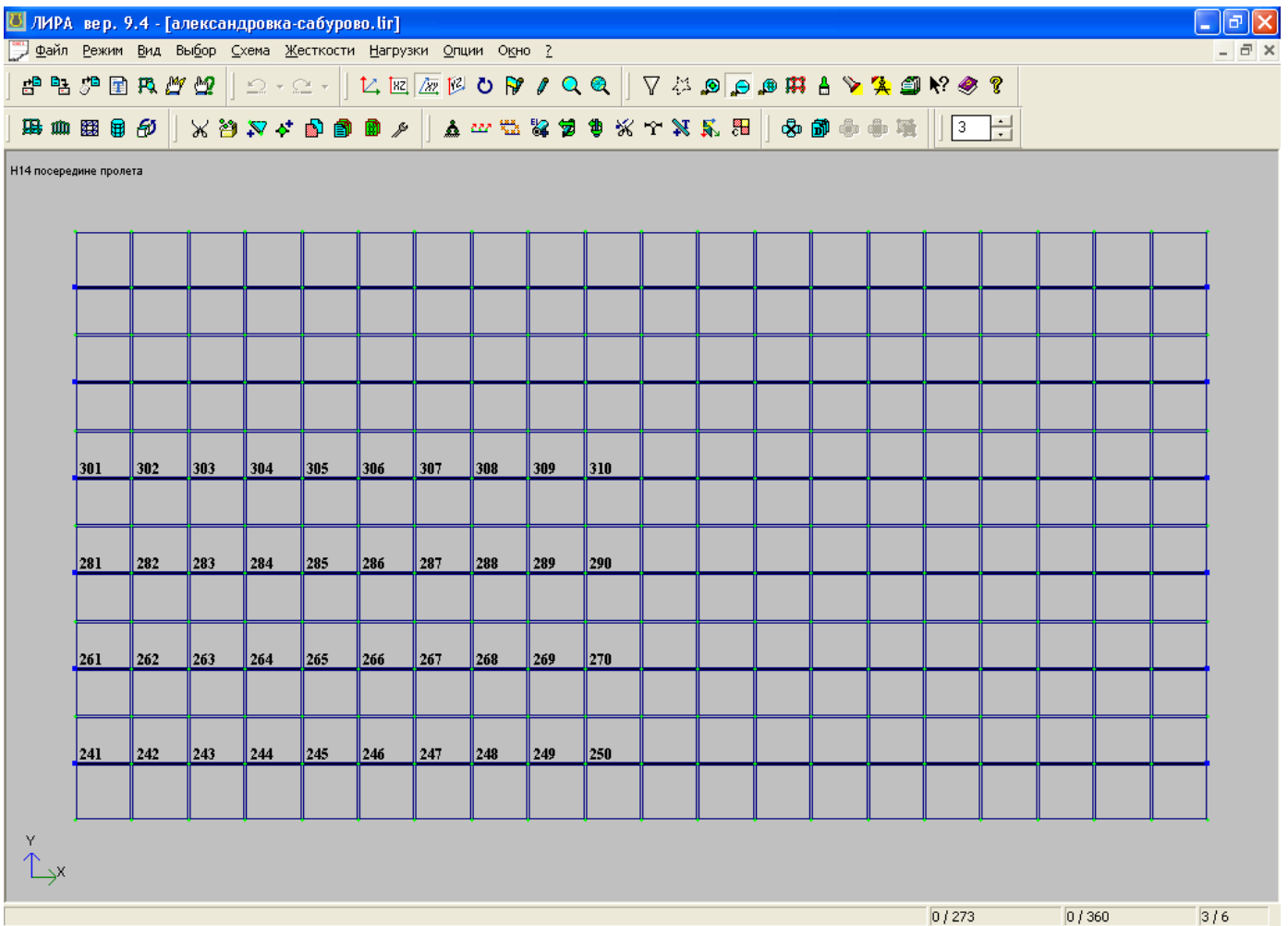
- элемент 290, сечение 2

$$M_{экв} = N * e + M_y = 12,85 * 0,723 * (0,974 + 0,935 + 0,962 + 0,91 + 1,642 + 1,4 + 1,598 + 1,355) + 12,85 * (0,328 + 0,325 + 0,307 + 0,273 + 0,557 + 0,484 + 0,343 + 0,249) = 90,82 + 36,83 = 127,65 \text{ т*м.}$$

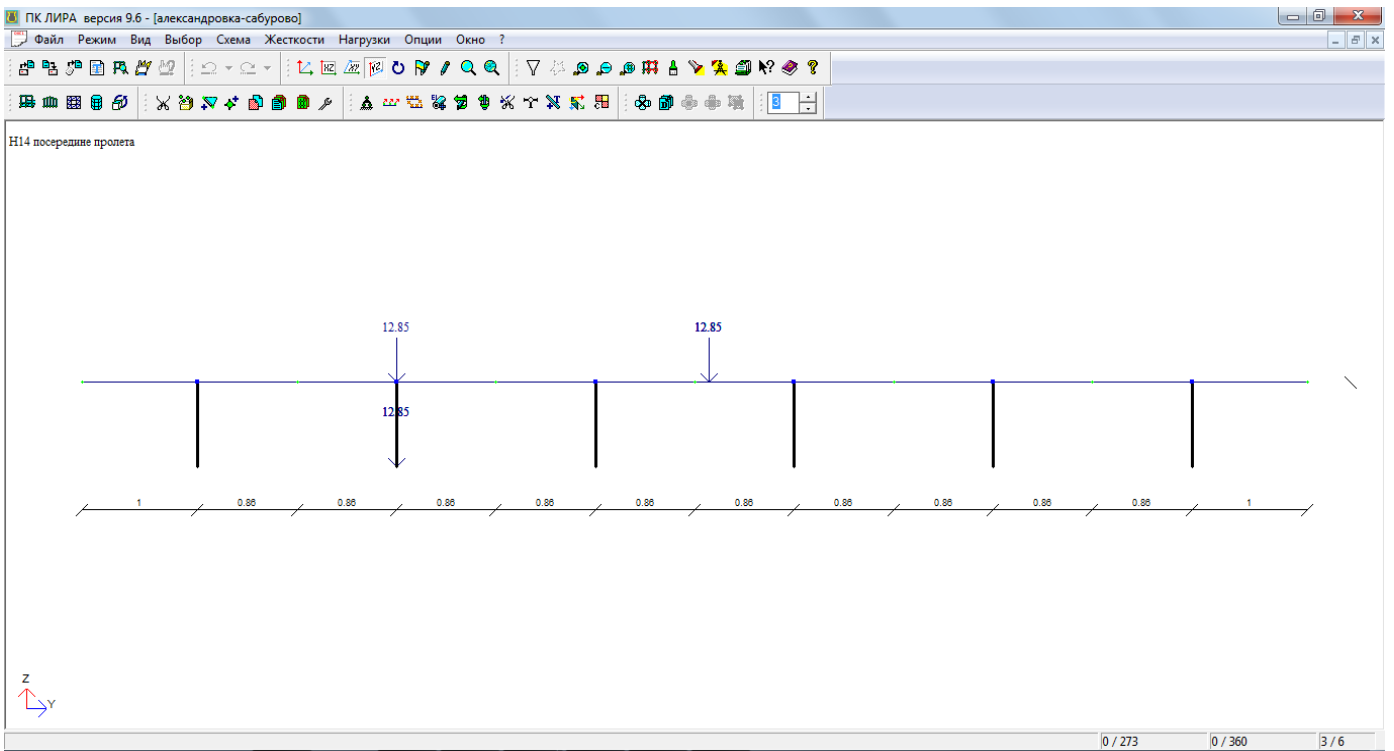
Таблицы системы "МОСТ" в этом же файле выдают результат 170,78 т\*м, расчет по РСН - 124,14 т\*м. В этих расчетах 0,723 м - длина жесткой вставки, 12,85 т - нормативное давление от одного колеса Н14, в первых скобках - ординаты л.вл. N, сначала при загрузке линии движения 4, затем - 7. Во вторых скобках - ординаты л.вл. M<sub>y</sub>. Судя по всему, расчетный процессор системы "МОСТ" выдает правильные линии влияния, но каким-то образом неправильно их загружает и в таблицы усилий выдает завышенные результаты?

С уважением,

Козлов Алексей, г. Воронеж



Обратите внимание: на данной схеме между балками 2 пластинчатых элемента. Рекомендуется делать не менее 4-х, почему - теоретически объяснить не могу, но сравнивал 2 одинаковых схемы с разной разбивкой, и при более мелкой сетке плиты результаты ближе к аналитическим.



В этом нагружении H14 выставлена вручную - её действие максимально, когда одна линия я колес проходит по оси балки (для упрощения сосредоточенные нагрузки задавались и на стержни, и на плиты, поэтому по вертикали в разном уровне, на расчет не влияет)

нагрузки.xls - OpenOffice.org Calc

Файл Правка Вид Вставка Формат Сервис Данные Окно Справка

Arial Cyr 10 Ж К Ч

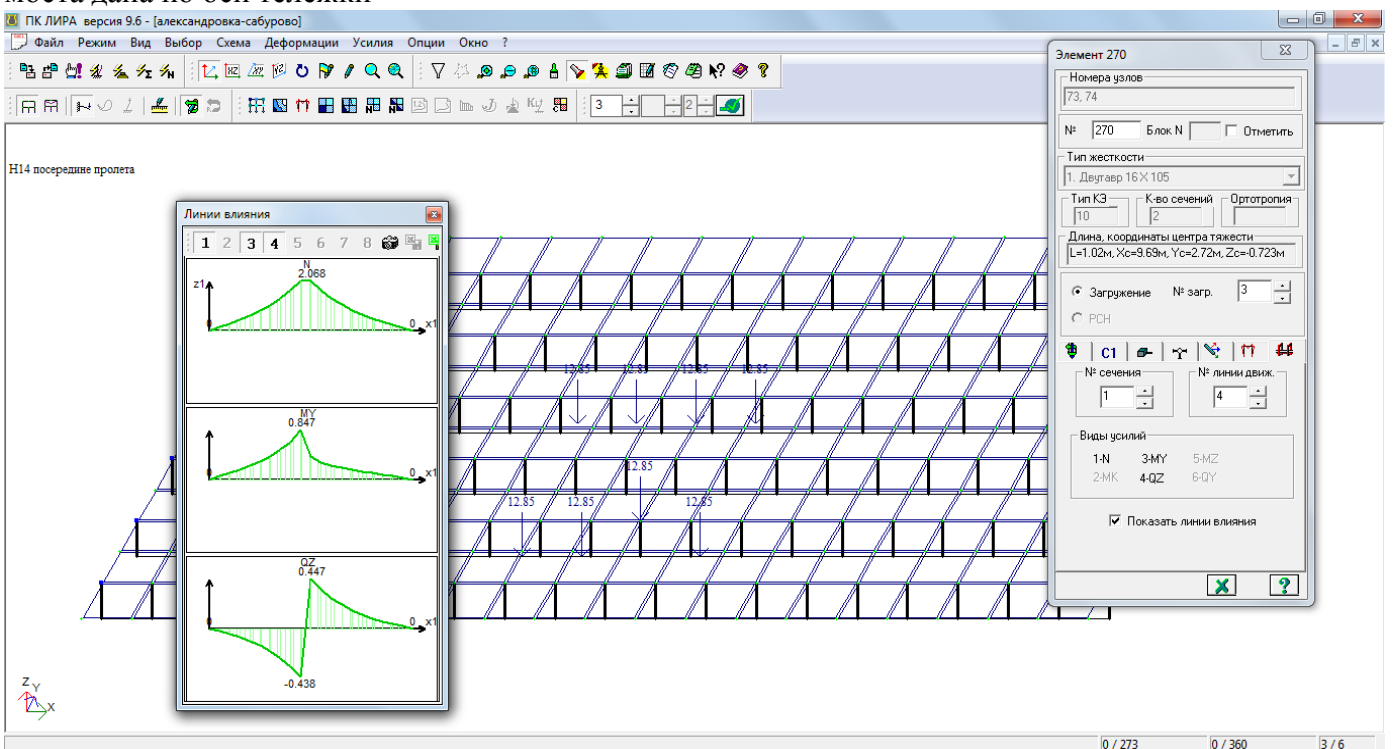
B1:G1048576 = 1,5

	A	H	I	J	K	L	M	N
1	Заданные подвижные нагрузки на основную схему							
2	Наименование подвижной нагрузки	Значение распределенной нагрузки	Количество осей	Номер оси	Привязка оси от начала полотна	Полная нагрузка на ось		
3	Автотранспорт АК	1,43	2	1	0	14,3		
4				2	1,5	14,3		
5	НК (сосредоточенная <u>многоосевая</u> нагрузка)	0	4	1	0	25,7		
6				2	1,2	25,7		
7				3	2,4	25,7		
8				4	3,6	25,7		
9								
10								
11								

Лист1 / 1 PageStyle\_Лист1 СТАНД Сумма=9,973 200%

Заданные привязки подвижной нагрузки поперек моста				
Наименование подвижной нагрузки	Количество привязок (полос нагрузки) поперек моста	Номер привязки	Значение привязки нагрузки поперек моста (от первой л.в.)	
Автотранспорт АК	2	1	3,67	
		2	6,67	
НК (сосредоточенная многоосевая нагрузка)	1	1	4,07	

А в этих двух таблицах показано задание нагрузок в системе МОСТ - видно, что привязка поперек моста дана по оси тележки



Вот просто как пример - для элемента 270 (вторая балка, середина пролета) показаны линии влияния N,M,Q при движении единичной нагрузки по оси этой балки.

Вот что ответил мне Юрий:  
Здравствуйтесь Алексей.

Заказчиком системы МОСТ было проектное бюро Мостостроя (г. Киев). Мосты, которые ими проектируются в настоящее время – это стальные мосты больших пролетов с ортотропной плитой. Т.е. такого частого следования расчетных балок там нет (продольные ребра они конструируют в отдельной программе). И для упрощения в техническом задании было принято, что подвижные нагрузки прокатываются по заданной привязке, а не по двум линиям колес как считаете Вы. Т.е.

зная это никаких чудес нет в том, что для элемента 290 получается большее усилие, чем для элемента 270. Возможно, нужно поставить этот вопрос о доработки системы МОСТ перед нашим руководством. А как быть Вам? Ну можно временно вместо одной нагрузки АК задавать две с половинными нагрузками и с необходимыми привязками. Но в этом случае необходимо будет правильно задавать коэффициенты  $s_1$

Т.е. получается, что А14 и Н14 в системе МОСТ "плоские" - Н14 представляет собой ЧЕТЫРЕ сосредоточенных нагрузки с шагом 1.2 м. После этого ответа, который НИГДЕ в документации Лиры не отражен, все встало на свои места и теперь я задаю для КАЖДОЙ расчетной полосы АК по СНиП - ДВЕ "половинных" АК, но обязательно надо править коэффициенты полосности. Тоже самое для НК - только полосность не учитывается.