

Рис.1. Моделирование конечно-элементной сетки плиты пролетного строения.

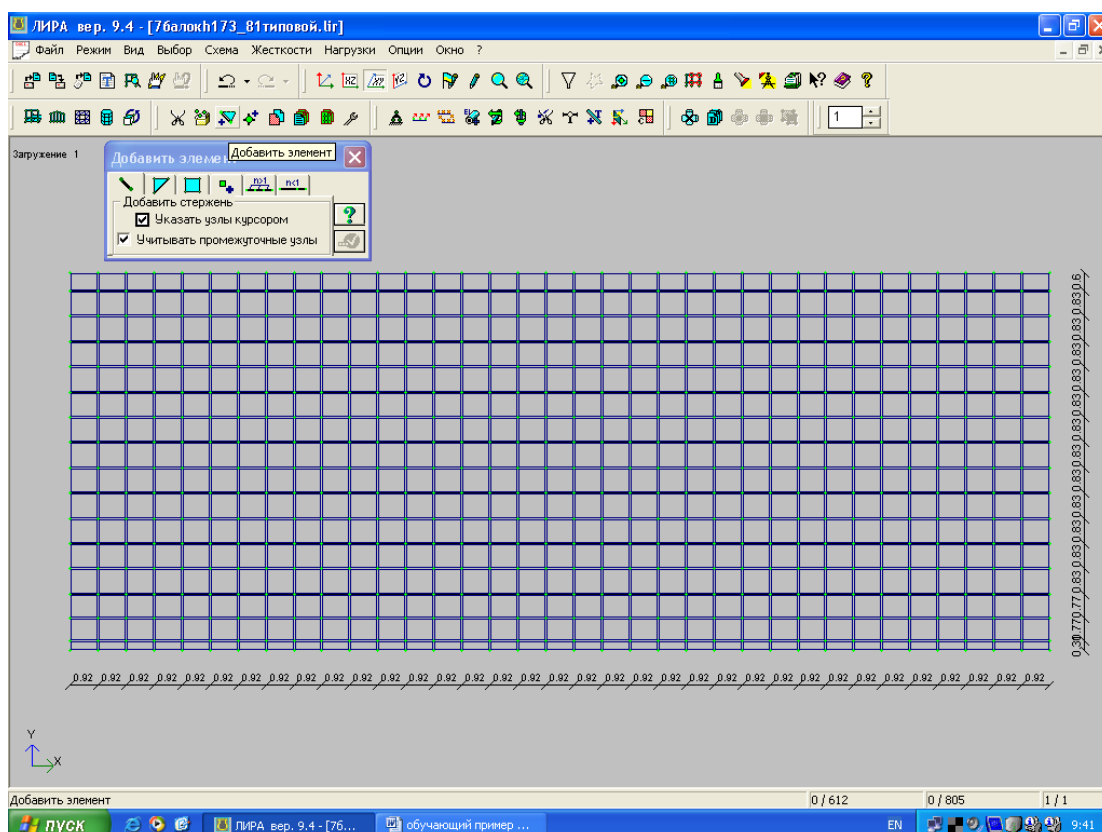


Рис.2. План пролетного строения. Между соответствующими узлами начала и конца пролетного строения с помощью меню «Добавить элемент : Добавить стержень» проводим элементы, моделирующие ребра балок. Стержни автоматически будут разбиты на то же число элементов, что и плита пролетного строения вдоль моста.

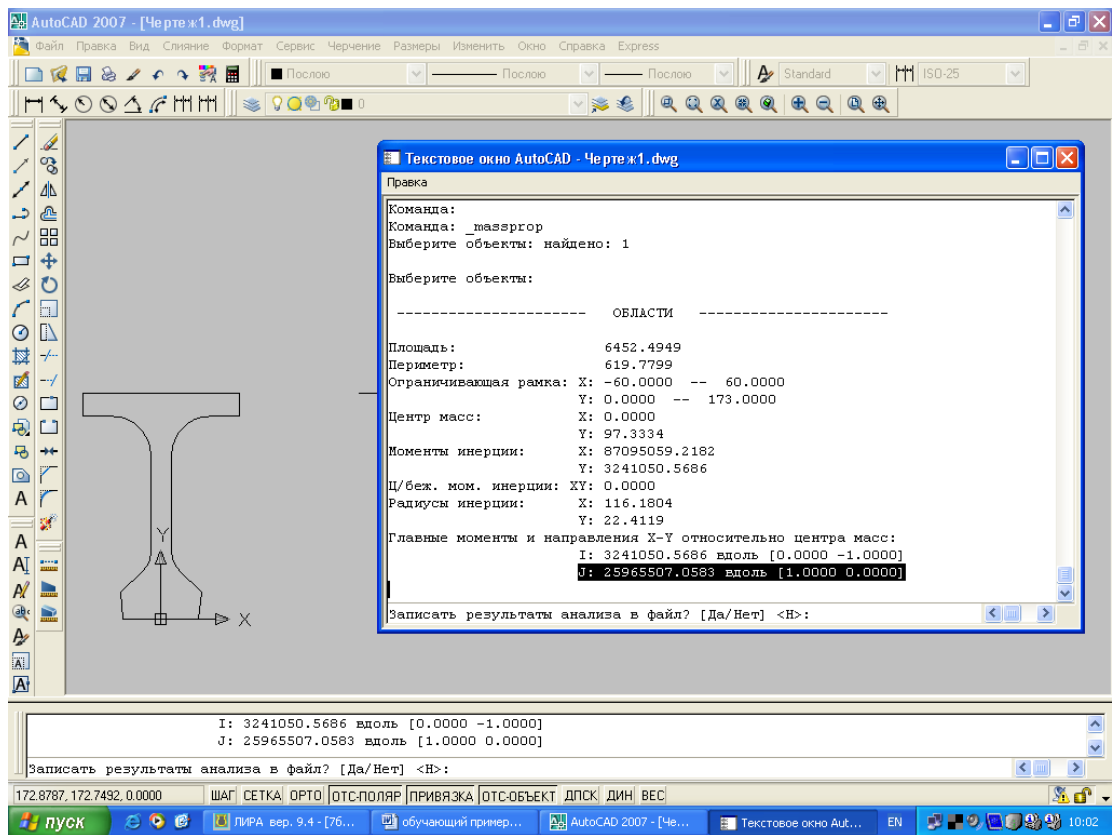


Рис.3. В AutoCAD'е вычисляем геометрические характеристики бетонного сечения балки (площадь, расстояние от нижней грани до центра тяжести и момент инерции относительно горизонтальной оси (выделен черным)).

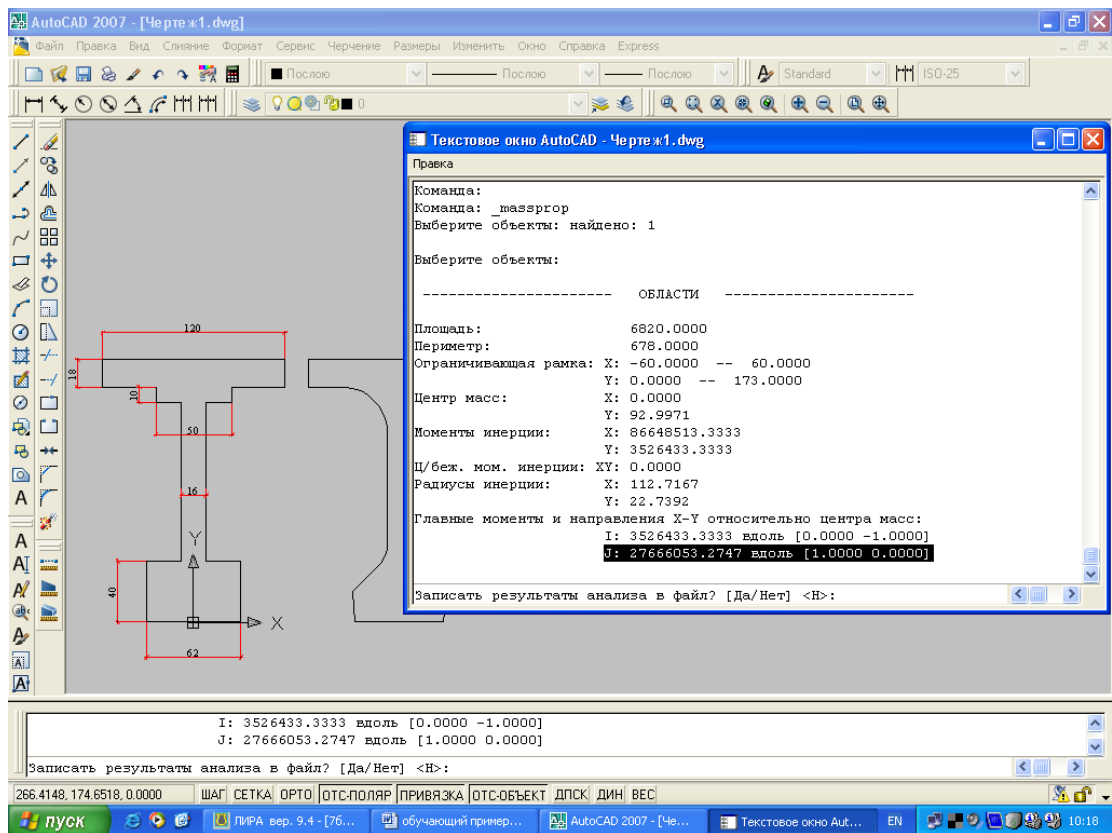


Рис.4. После вычисления известными формулами приведенных геометрических характеристик балки с учетом преднапряженной арматуры подбираем схожее (с таким же моментом инерции) бетонное сечение аналогично показанному на рисунке.

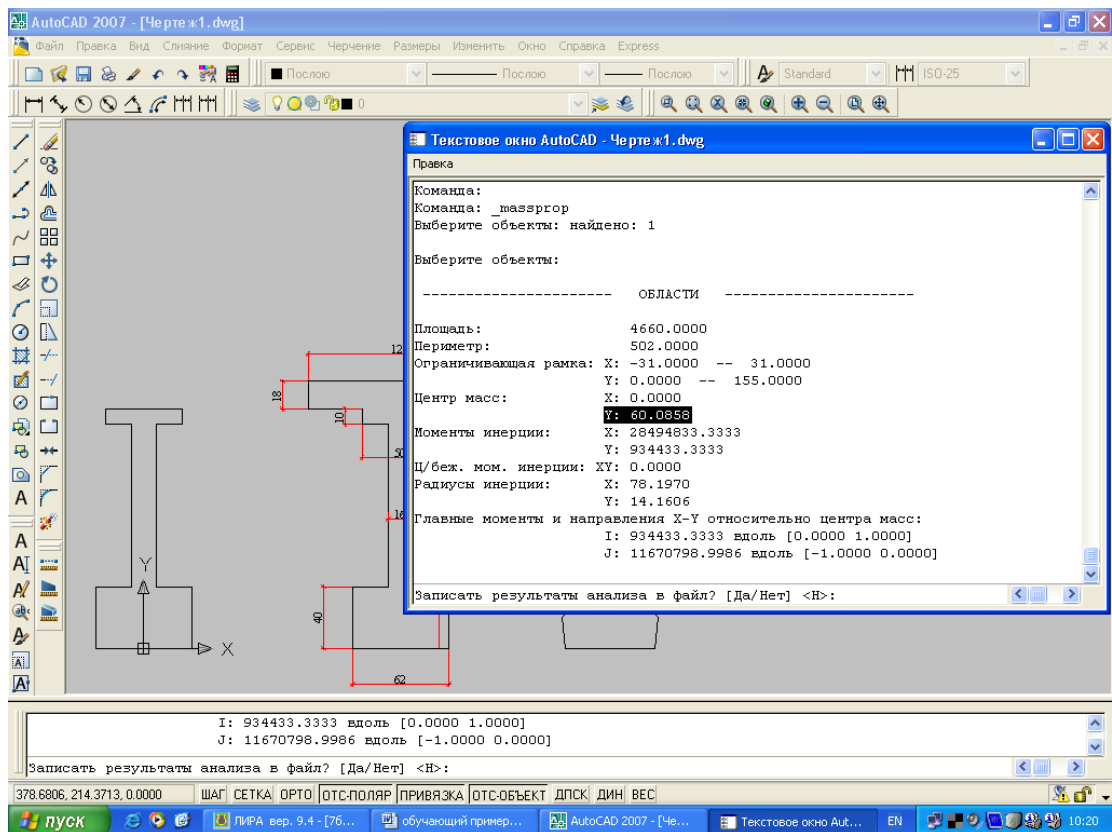


Рис.5. Вычисляем расстояние от нижней грани приведенного бетонного сечения ребра и нижнего пояса балки (без плиты) до его центра тяжести (в дальнейшем пригодится для вычисления длины жесткой вставки).

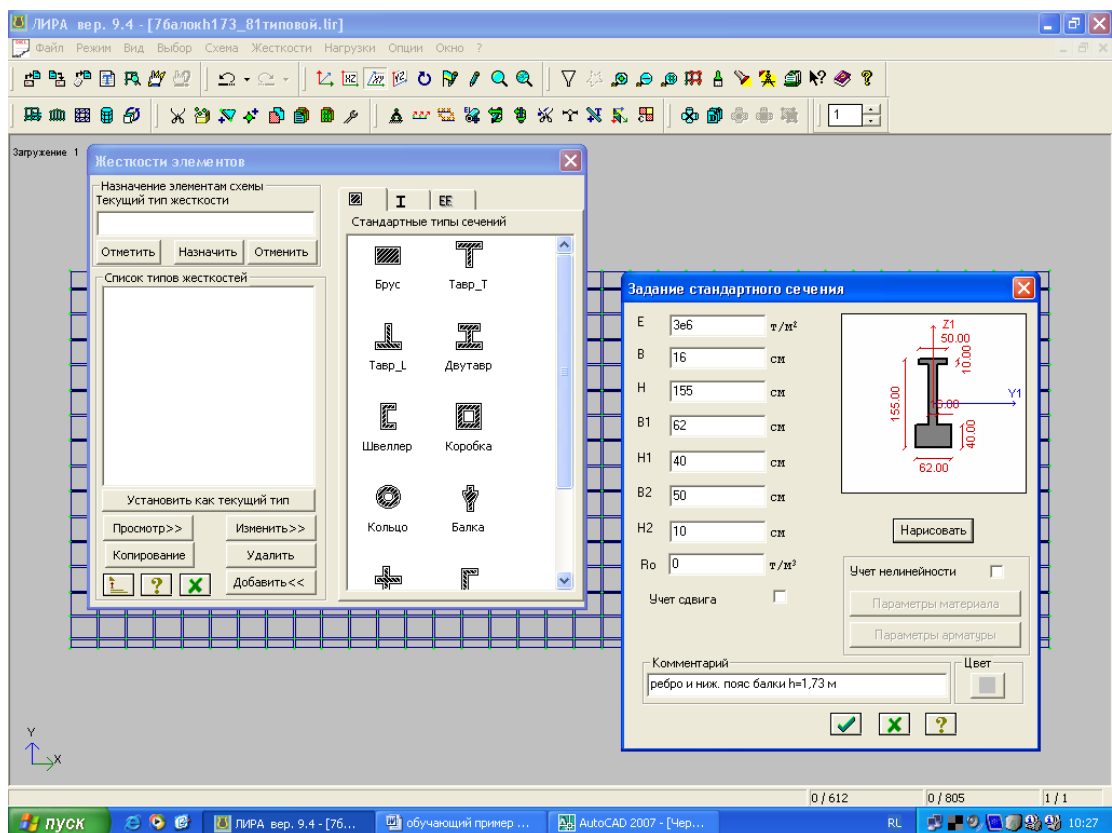


Рис.6. Задание сечения ребра и нижнего пояса балки.

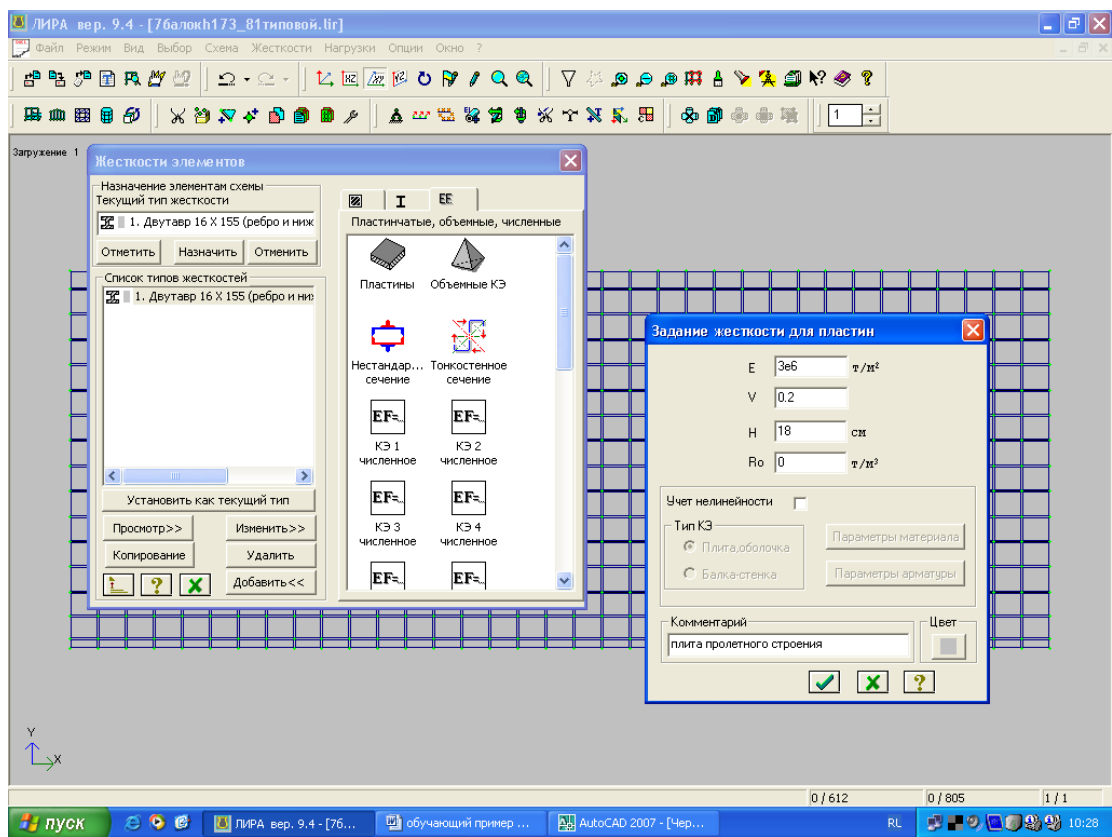


Рис.7. Задание толщины и жесткостных характеристик плиты проезжей части.

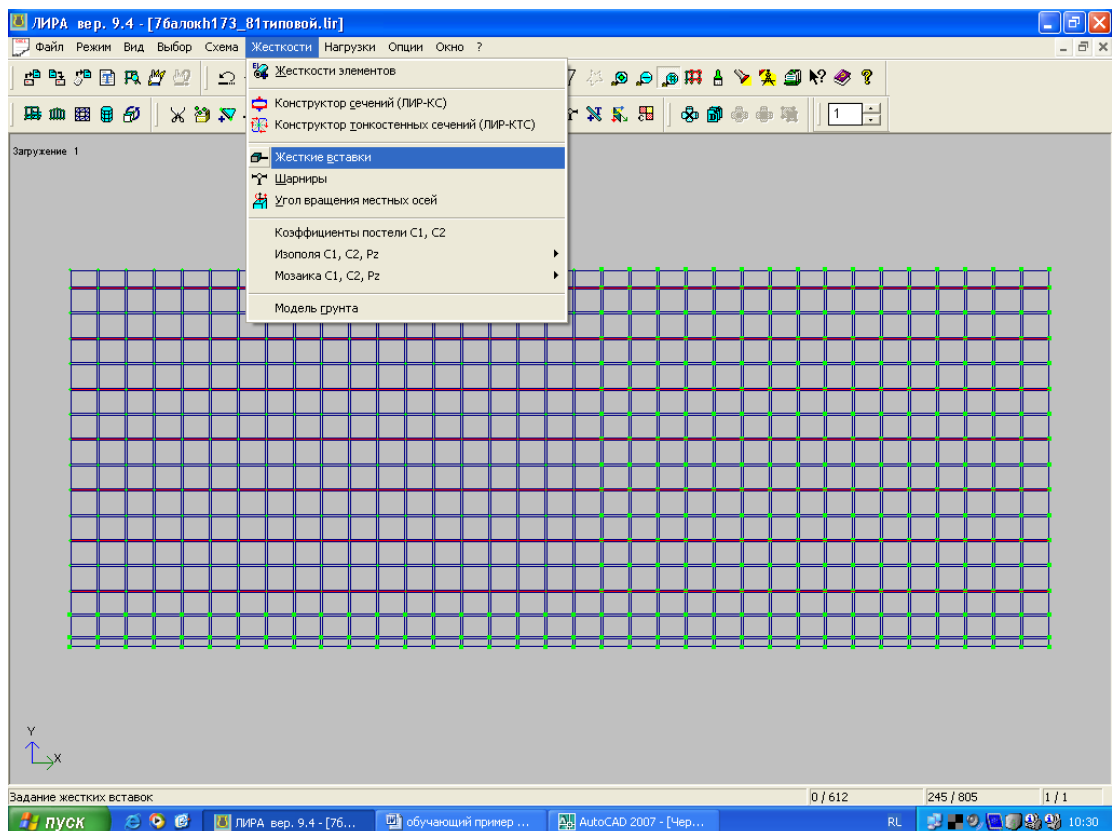


Рис.8. Задание жестких вставок. Длина жесткой вставки равна расстоянию между центрами тяжести плиты и приведенного сечения ребра балки. Жесткая вставка моделирует внецентренное сопряжение плиты проезжей части и ребра балки.

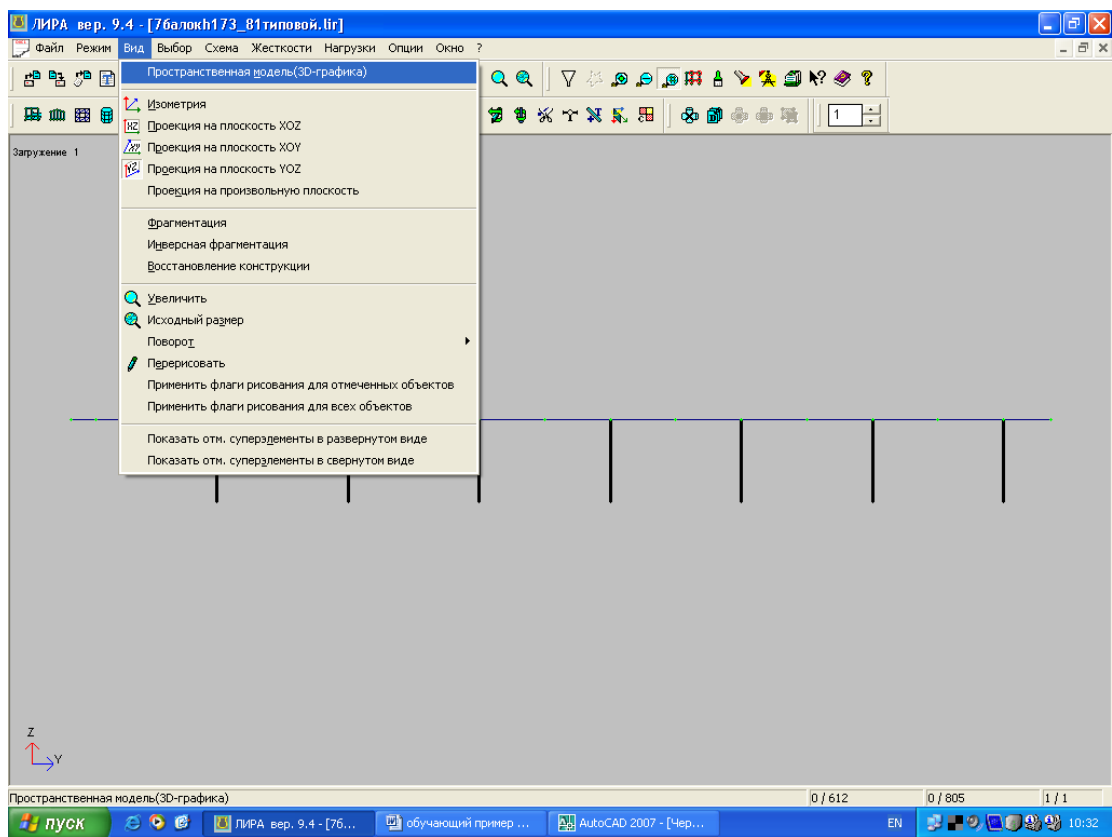


Рис.11. Для наглядности и проверки правильности моделирования расчетной схемы создадим пространственную модель.

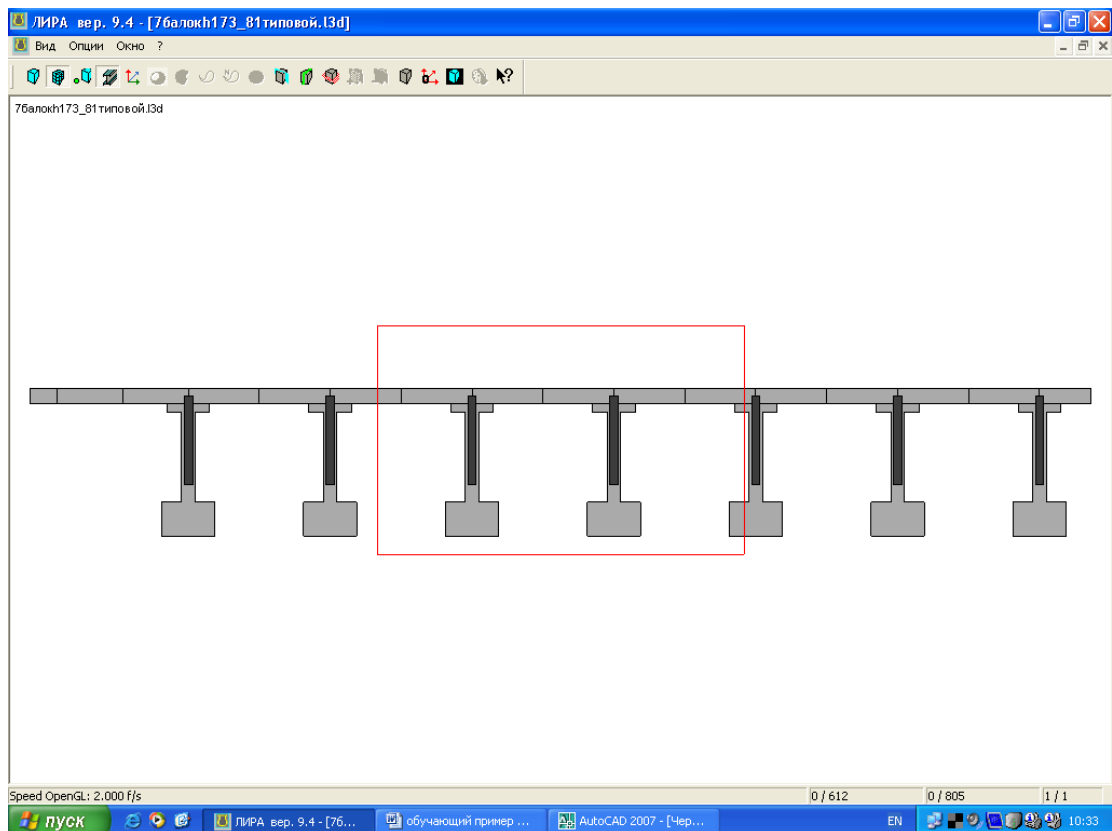


Рис.12. Поперечник с жесткими вставками.

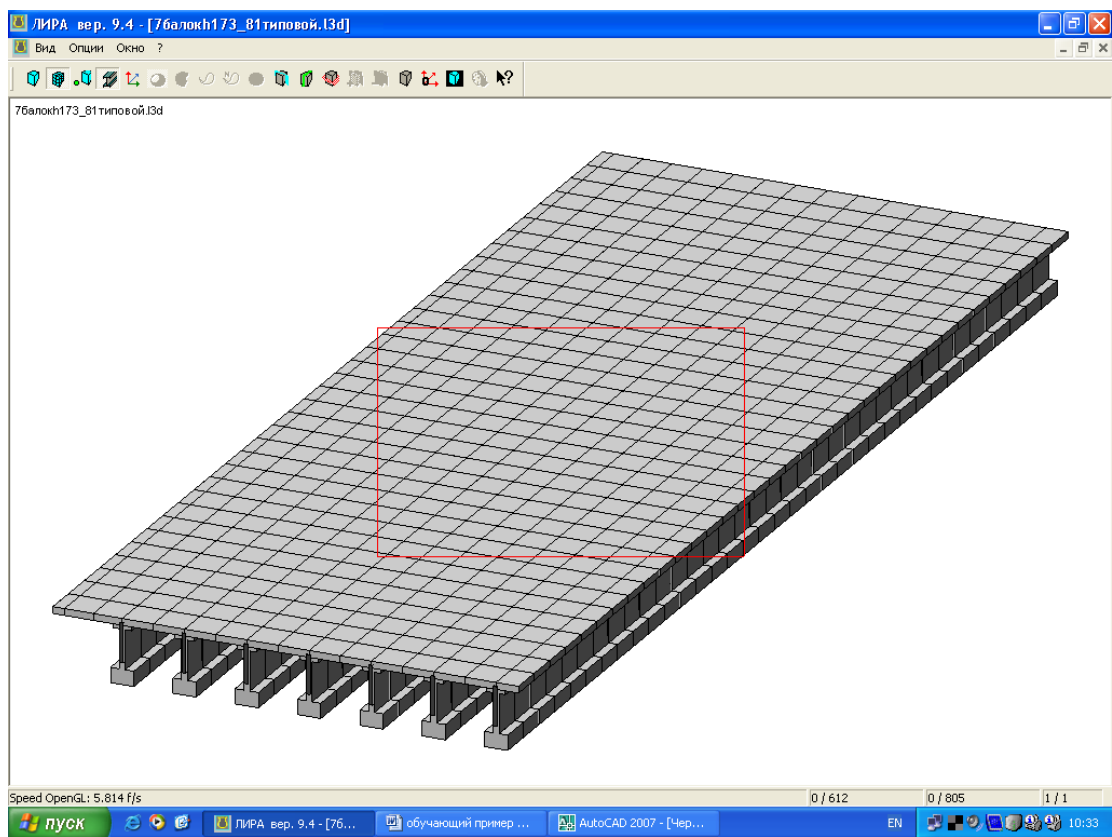


Рис.13. Общий вид пространственной конечно-элементной модели пролетного строения.

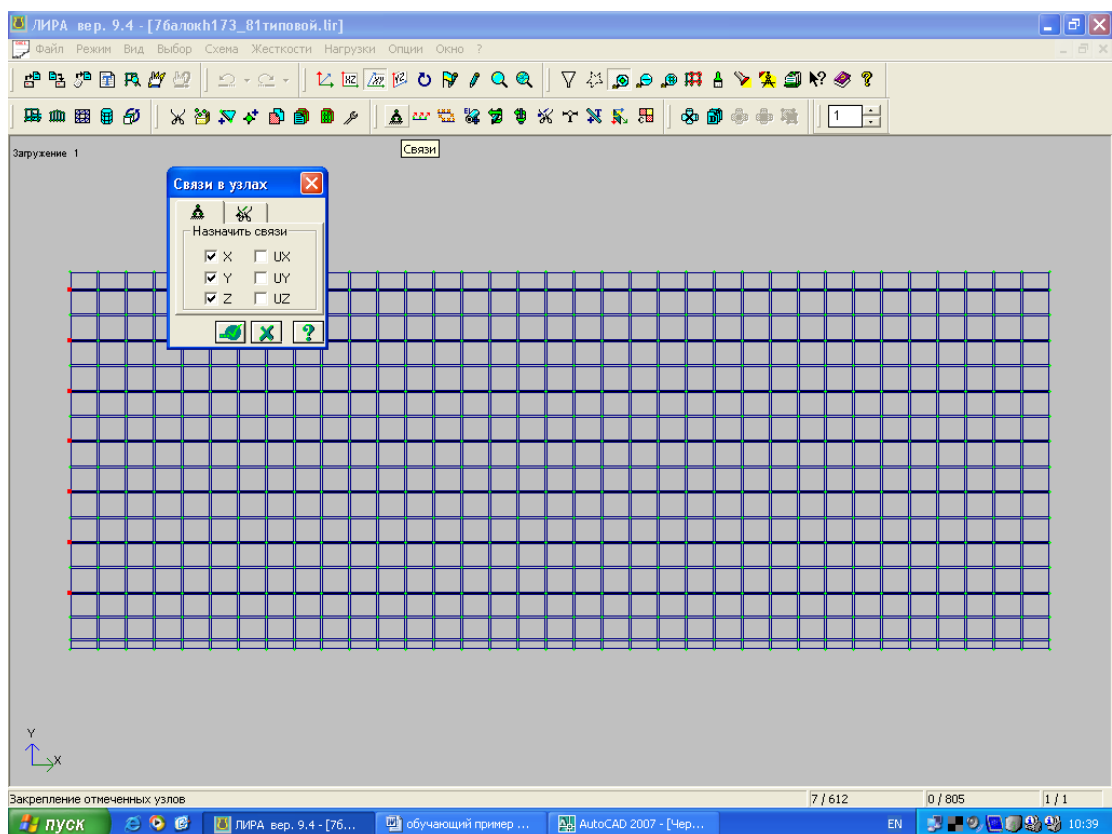


Рис.14. Задание закреплений узлов опирания балок.

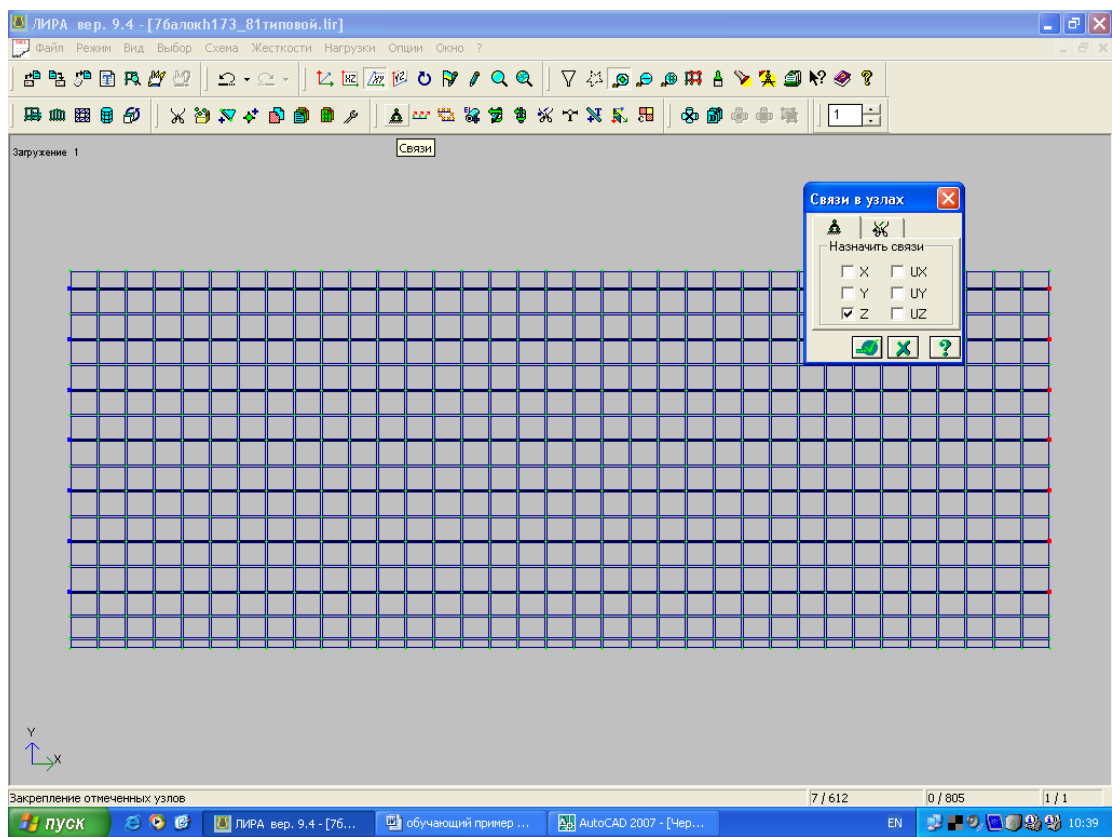


Рис.15. С одного конца пролетного строения задается шарнирно-неподвижное опирание, с другого – шарнирно-подвижное (на рисунке).

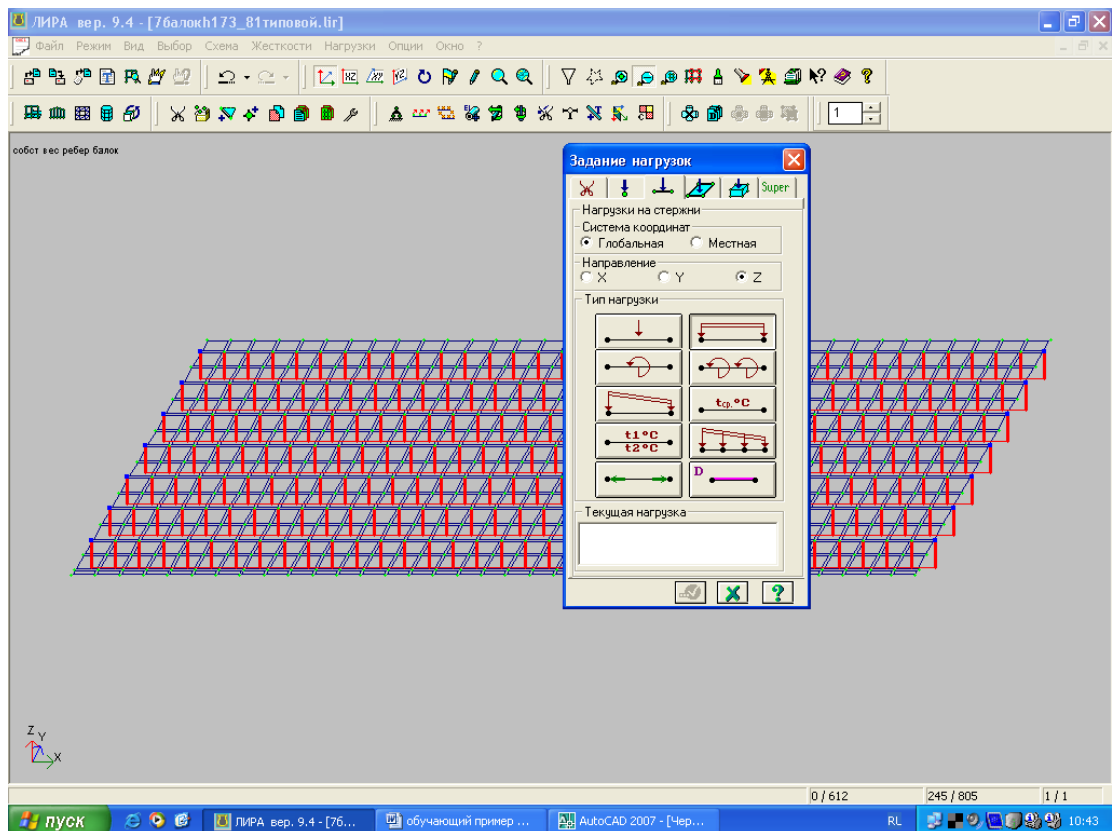


Рис.16. Задание нормативных нагрузок от собственного веса ребра и нижнего пояса балки.

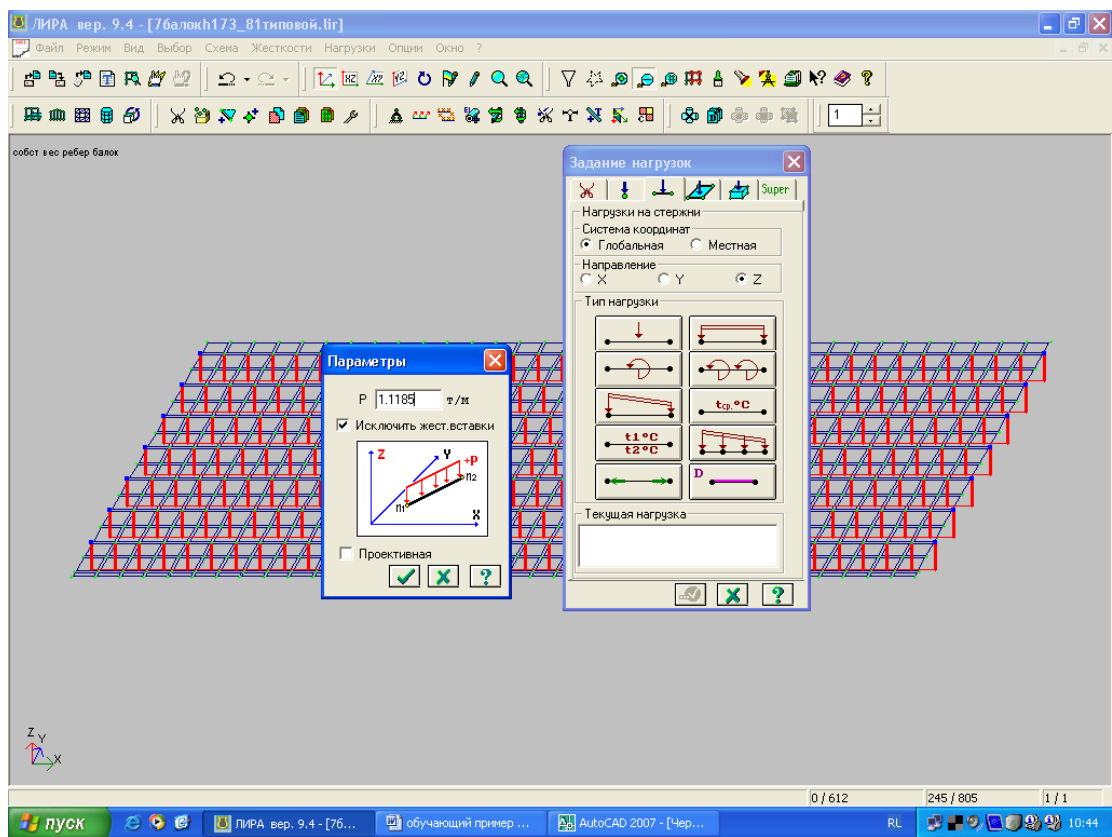


Рис.17. При задании равномерно-распределенной нагрузки на стержни необходимо исключить жесткие вставки.

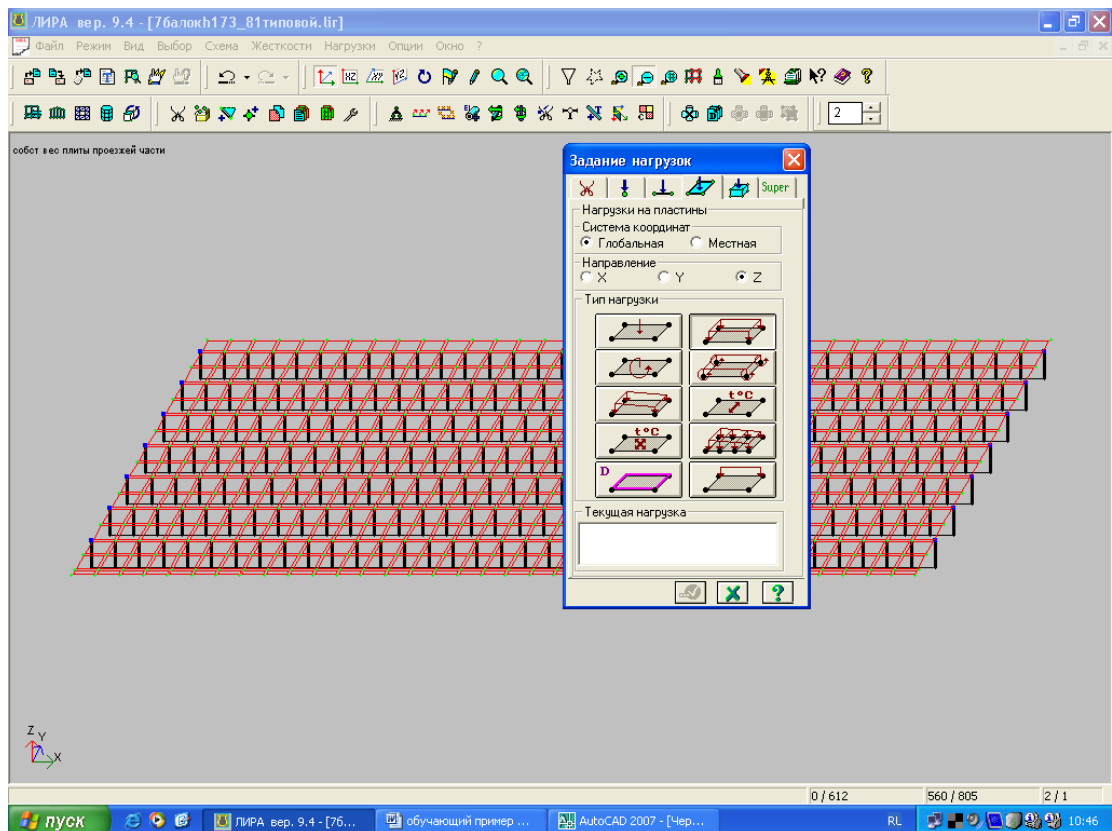


Рис.18. Задание равномерно-распределенной по площади нагрузки от собственного веса плиты проезжей части.

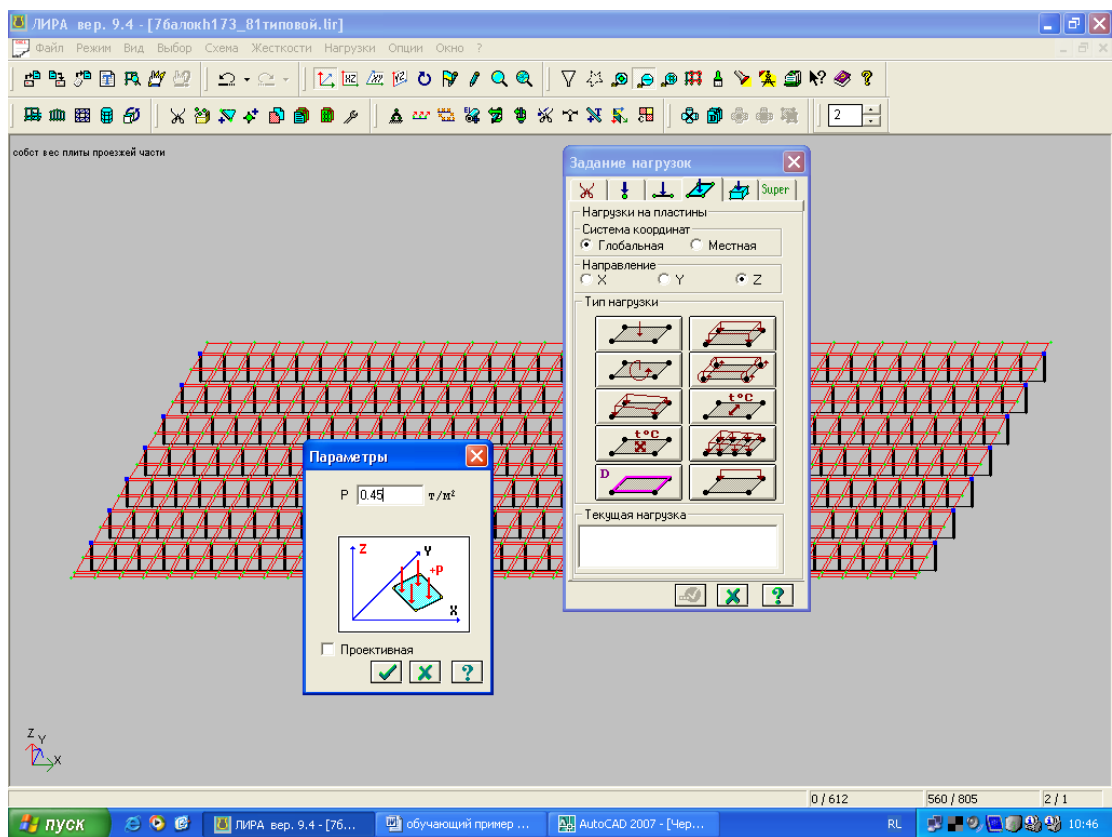


Рис.19. Нагрузка – нормативная.

В третьем загрузении аналогичным образом задаем нормативную нагрузку от веса мостового полотна.

Разнесение нагрузок связано с различными коэффициентами запаса по прочности.

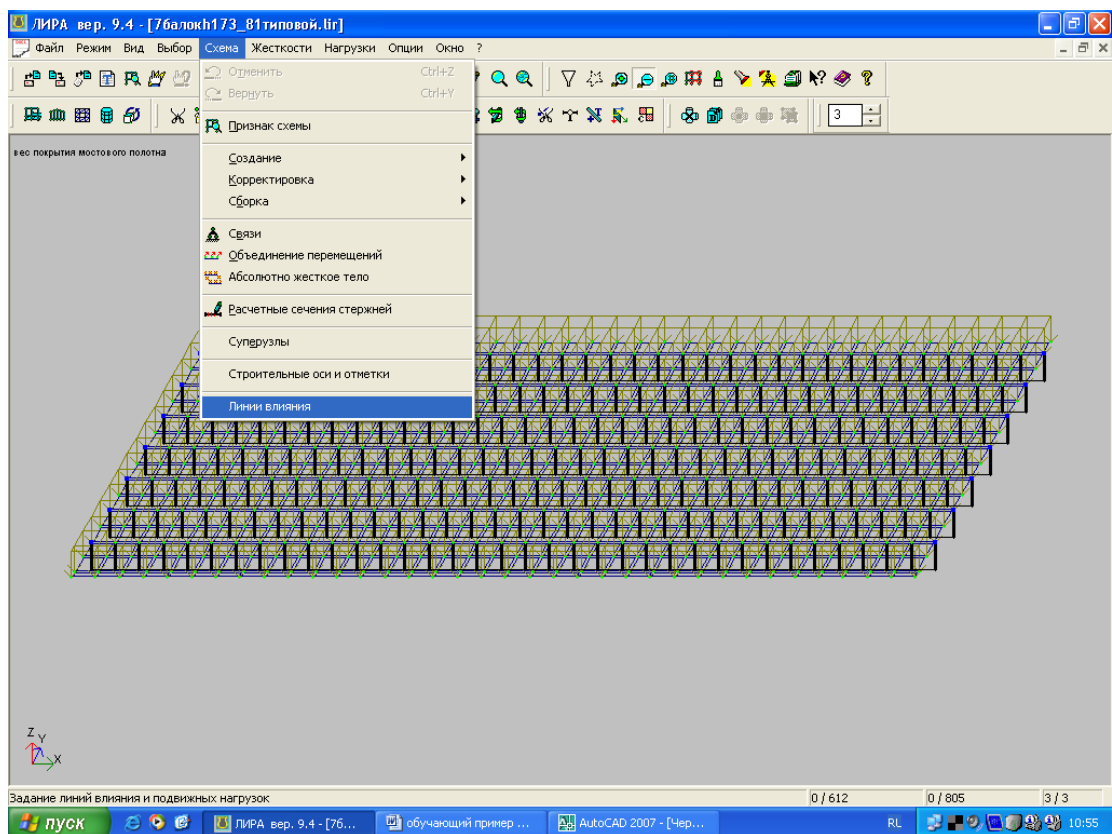


Рис.20. После задания статических загрузений и упаковки схемы приступаем к заданию подвижных нагрузок. После этого менять схему не рекомендуется.

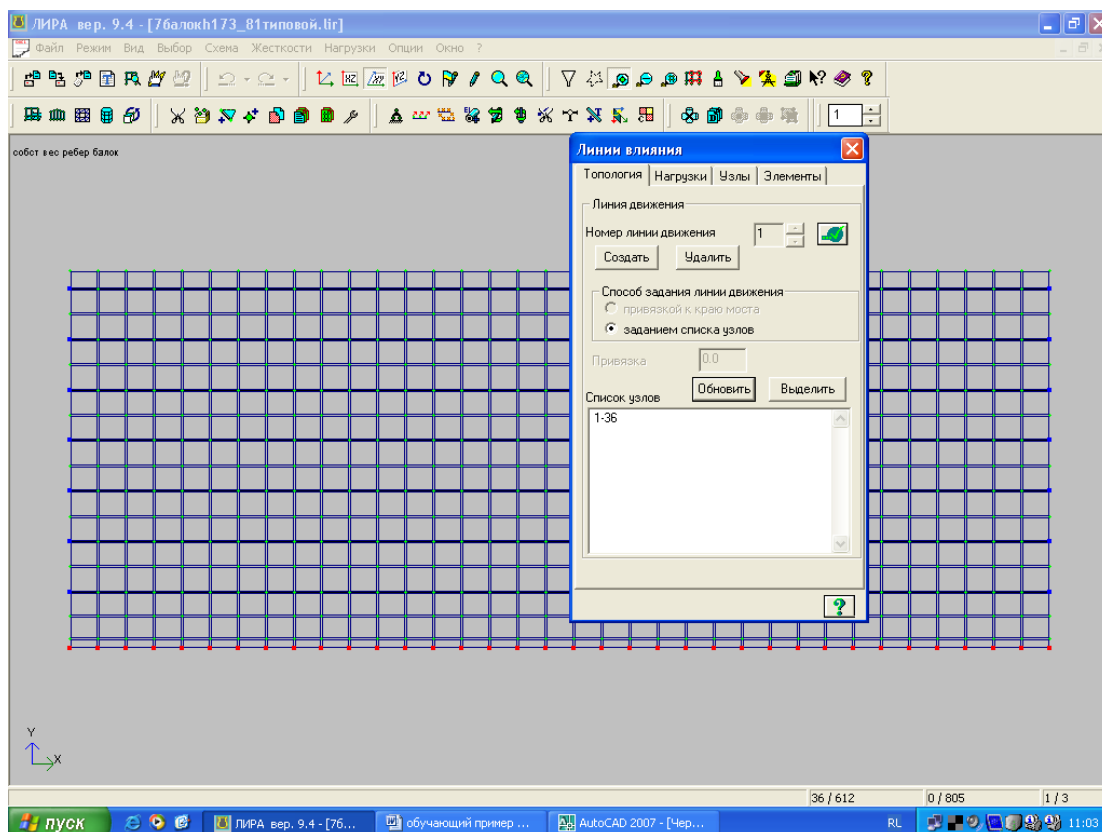


Рис.21. Первой задается базовая линия движения, расположенная по самому правому по ходу движения краю моста.

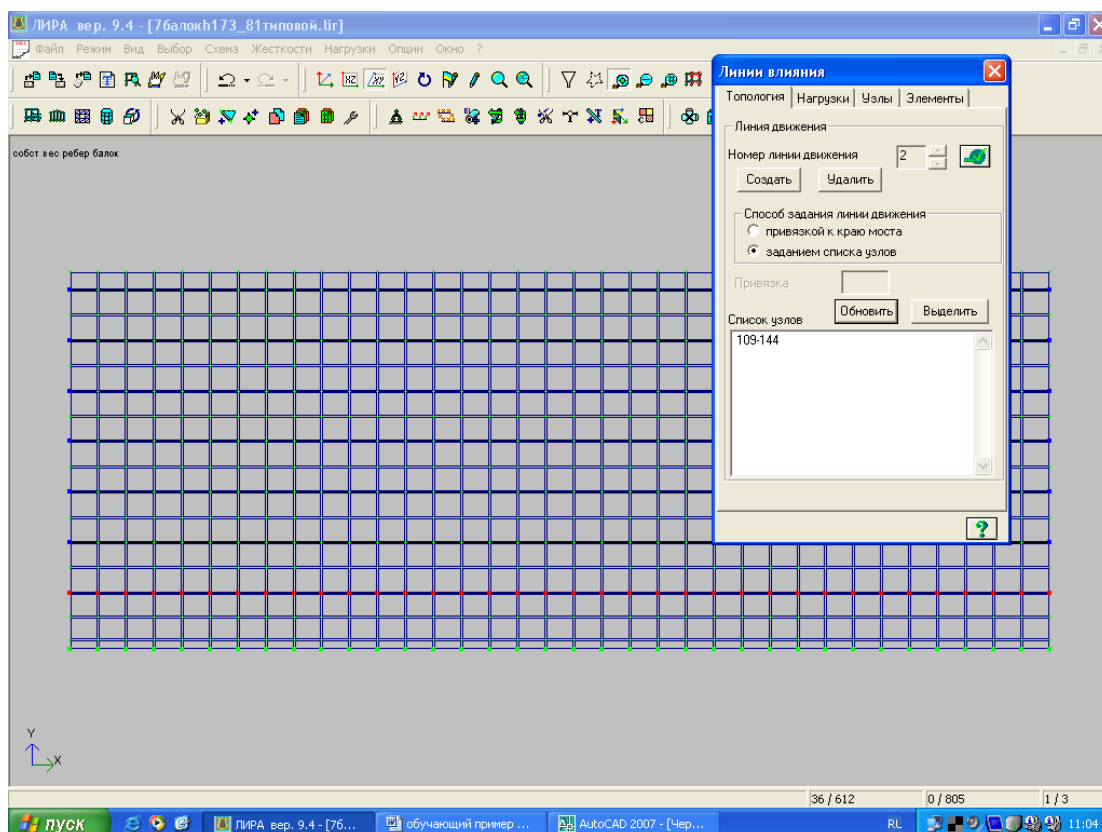


Рис.22. Необходимо создать не менее двух линий движения единичной нагрузки. По результатам прохода единичной нагрузки будут строиться поверхности влияния, которые затем будут загружены временной подвижной нагрузкой. В общем случае чем больше линий движения, тем лучше. Рекомендуется дополнительно к первой линии движения ввести линии движения по каждой балке (в нашем случае – еще 7).

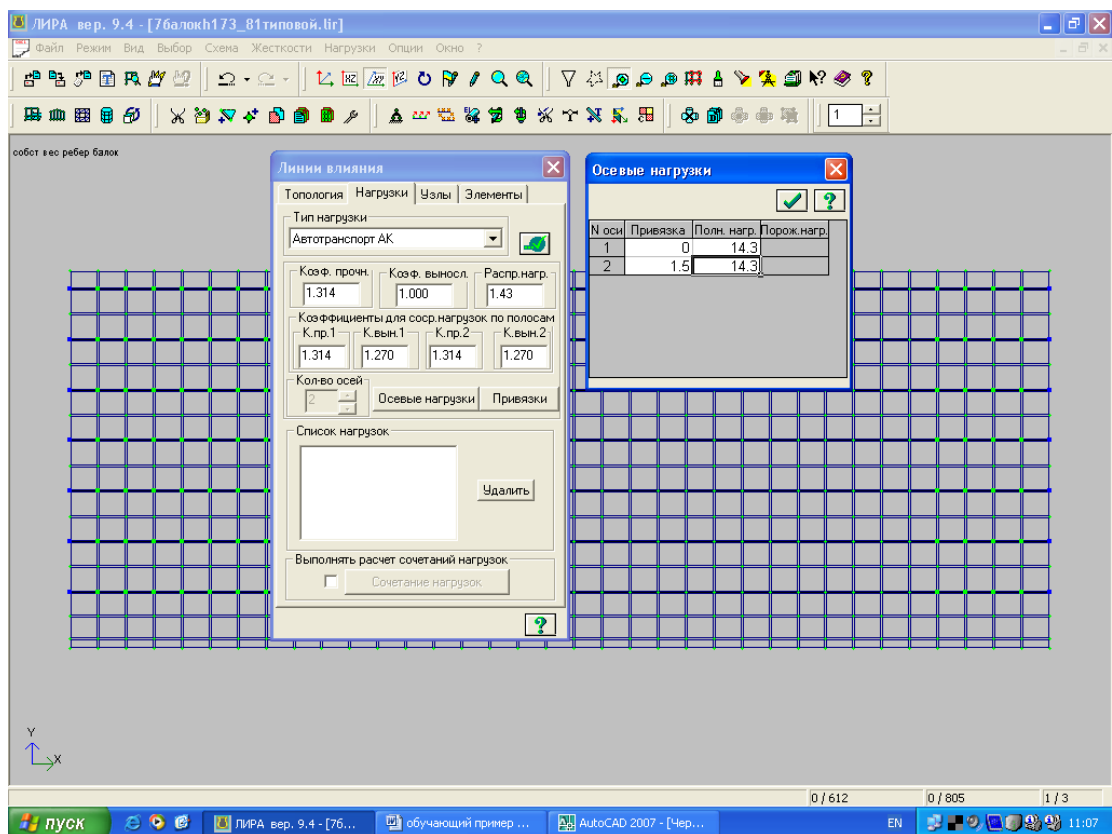


Рис.23. Задание подвижной нагрузки АК.

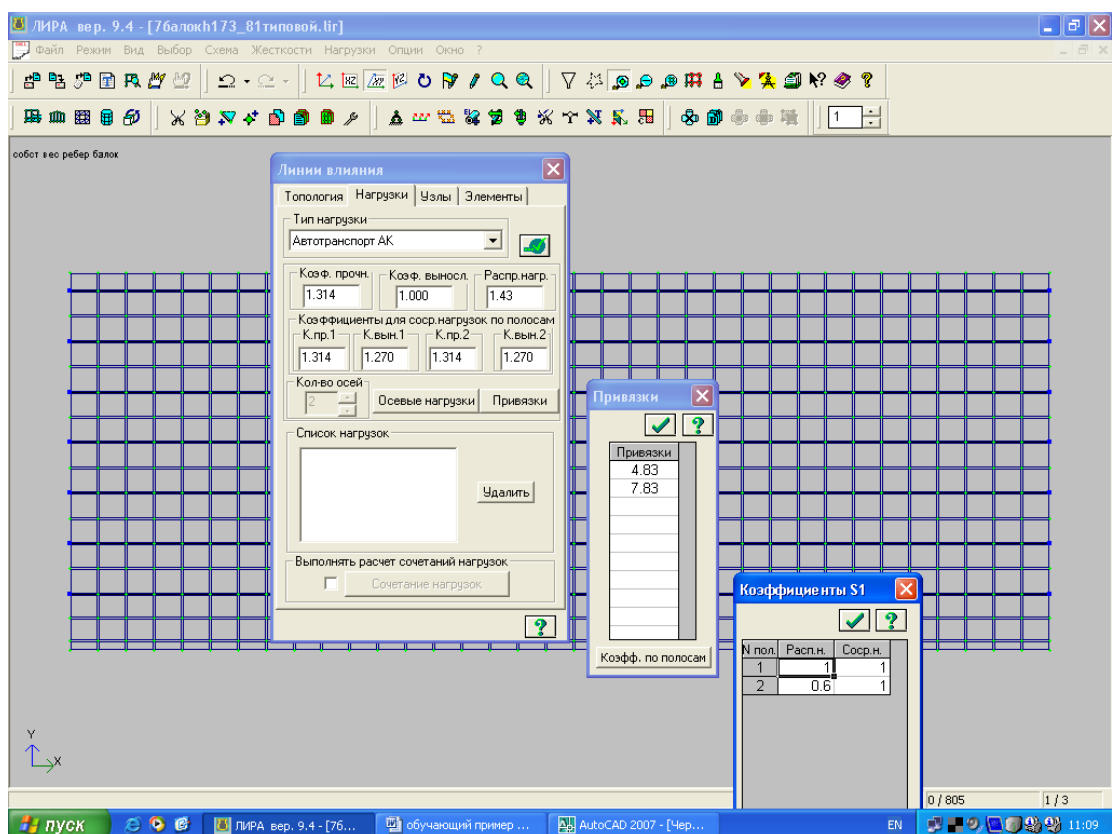


Рис.24. Задание привязок подвижной нагрузки АК поперек моста, т.е. расстояние от первой линии движения единичной нагрузки до соответственно первой и второй осей полос движения нагрузки АК. Также согласно СНиП 2.05.03-84* «Мосты и трубы» задаются коэффициенты полосности S1.

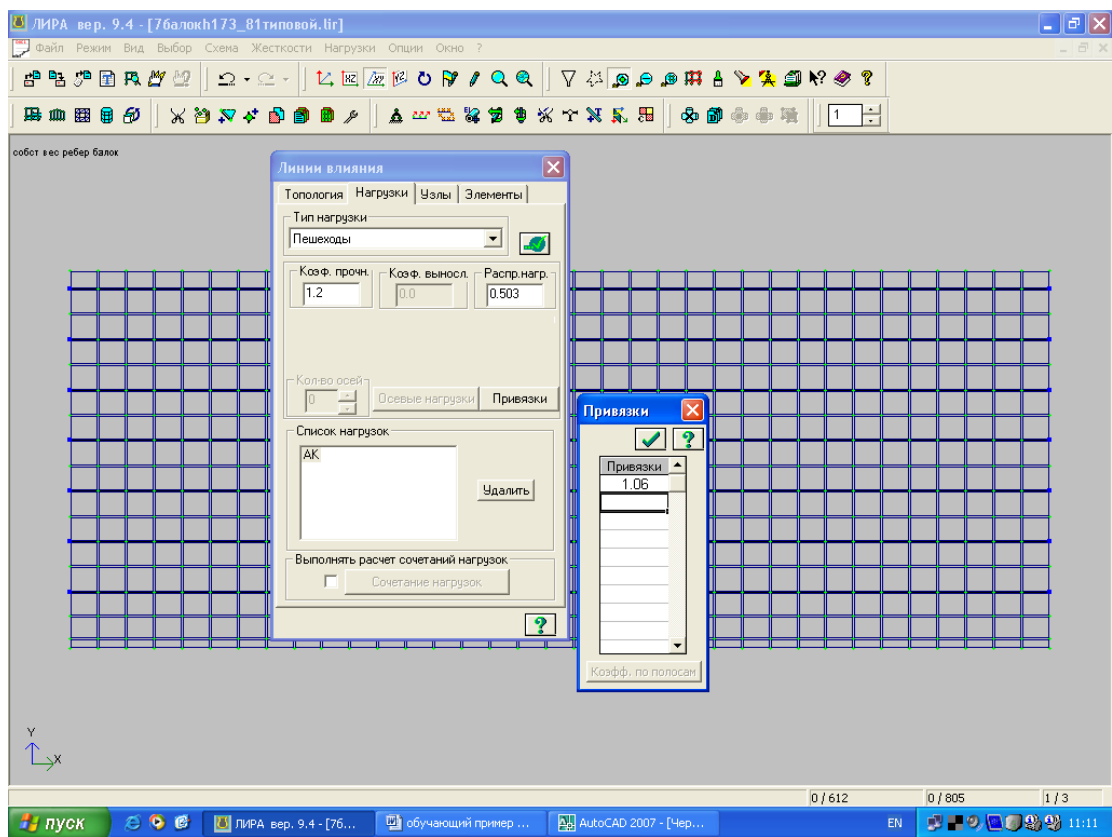


Рис.25. Задание приведенной к линейно-распределенной нагрузки от пешеходов.

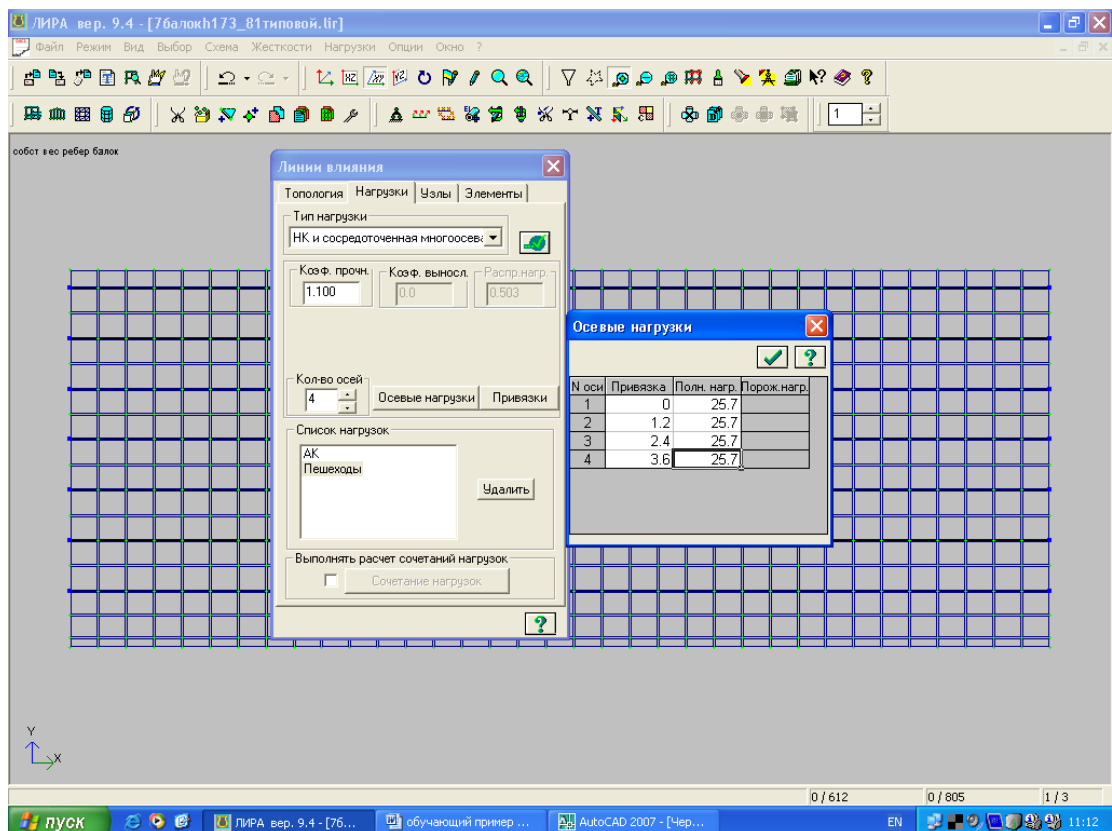


Рис.26. Задание нагрузки НК.

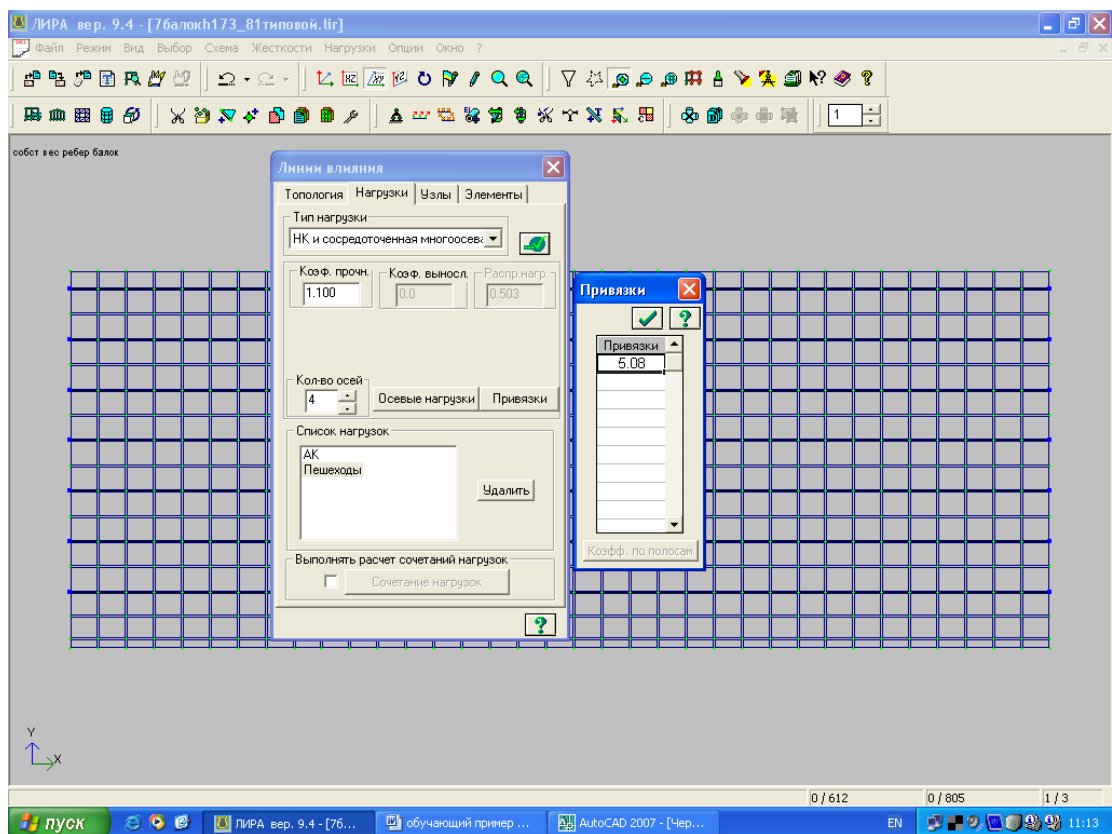


Рис.27.

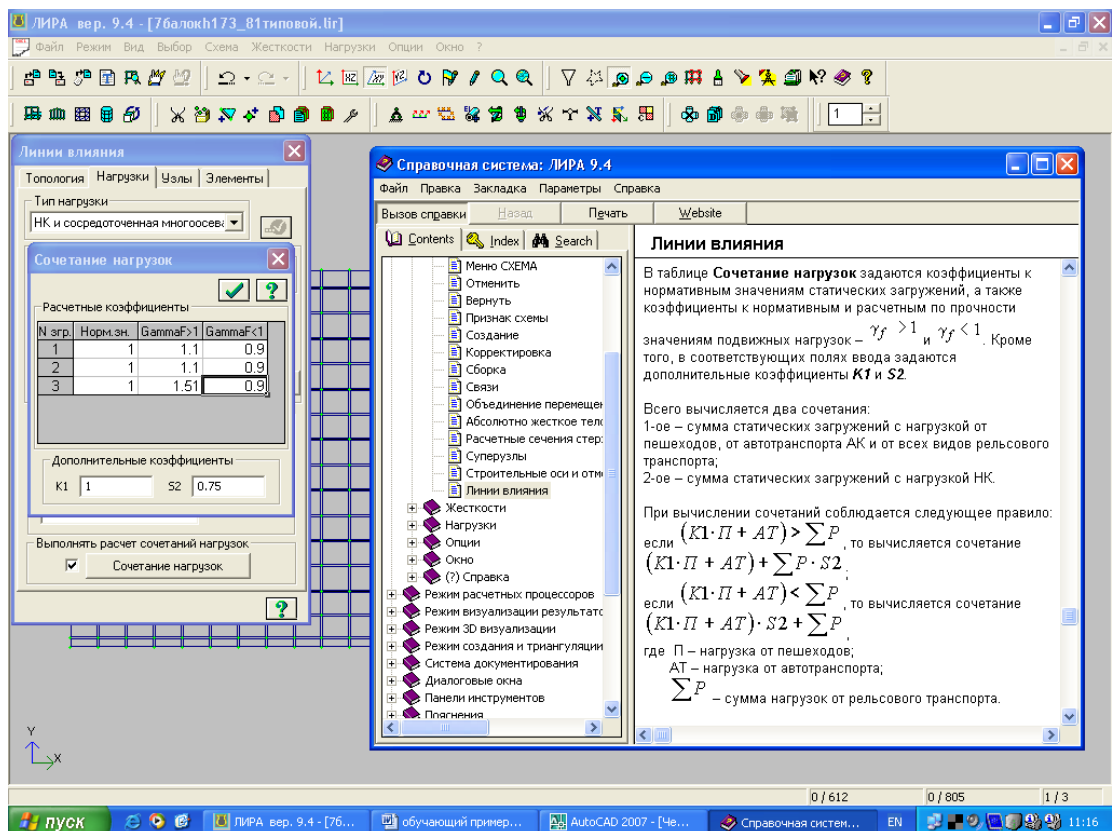


Рис.28. Задание коэффициентов надежности к статическим загружениям.

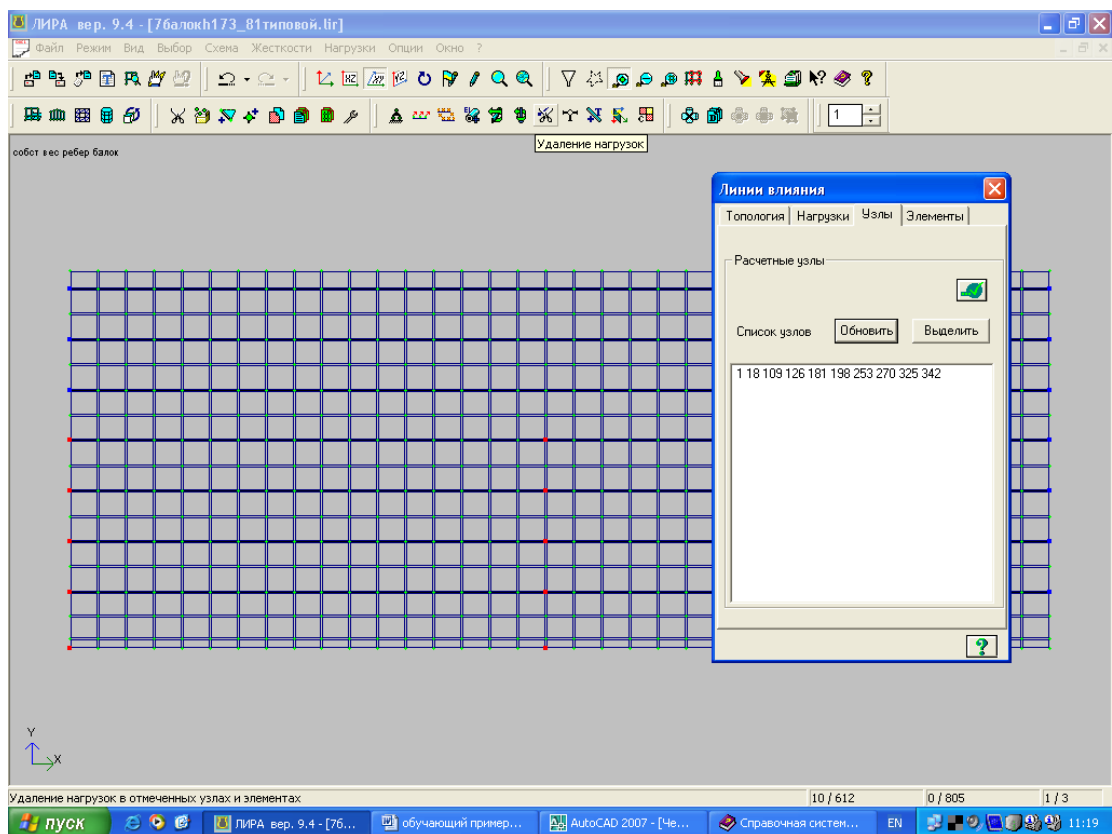


Рис.29. Задание списка узлов, в которых необходимо по второму предельному состоянию вычислить перемещения (поворот опорных сечений и прогиб в середине пролета).

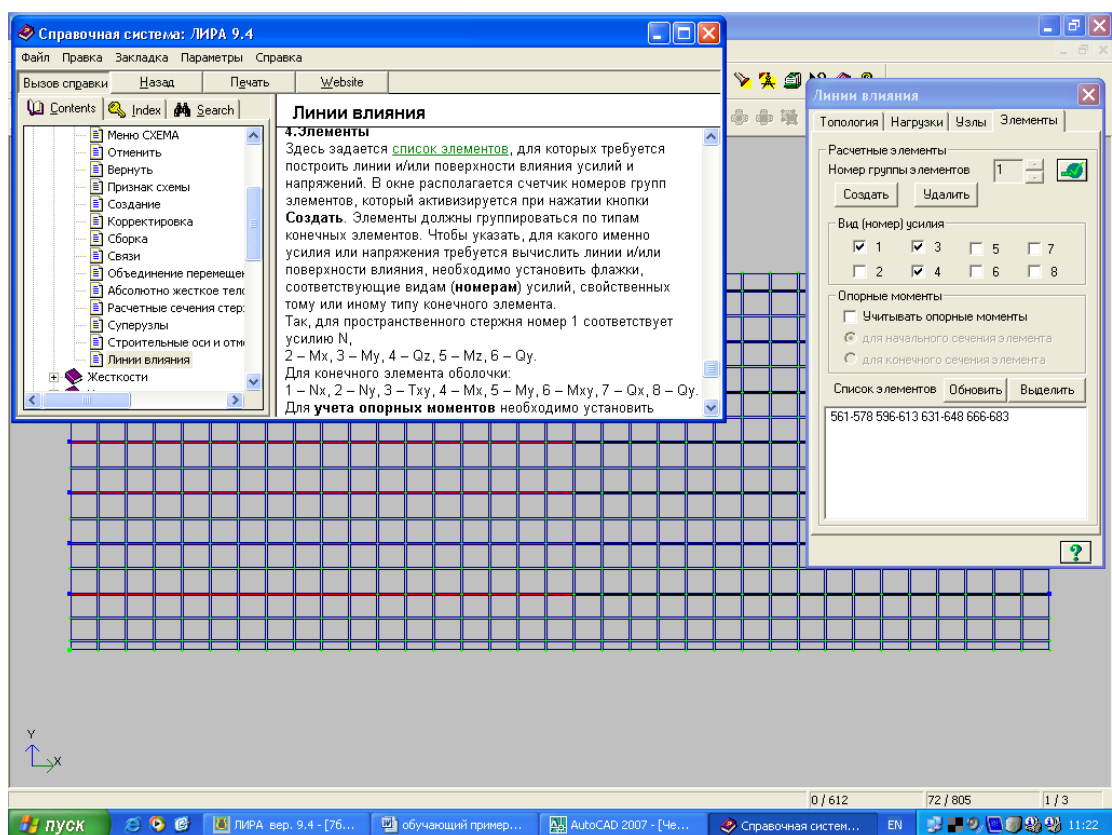


Рис.30. Задание списка элементов, в которых необходимо вычислить усилия.
Эквивалентный изгибающий момент в балке пролетного строения равен:

$$M_{\text{экв}} = N \cdot e + M_y,$$

где e – длина жесткой вставки.

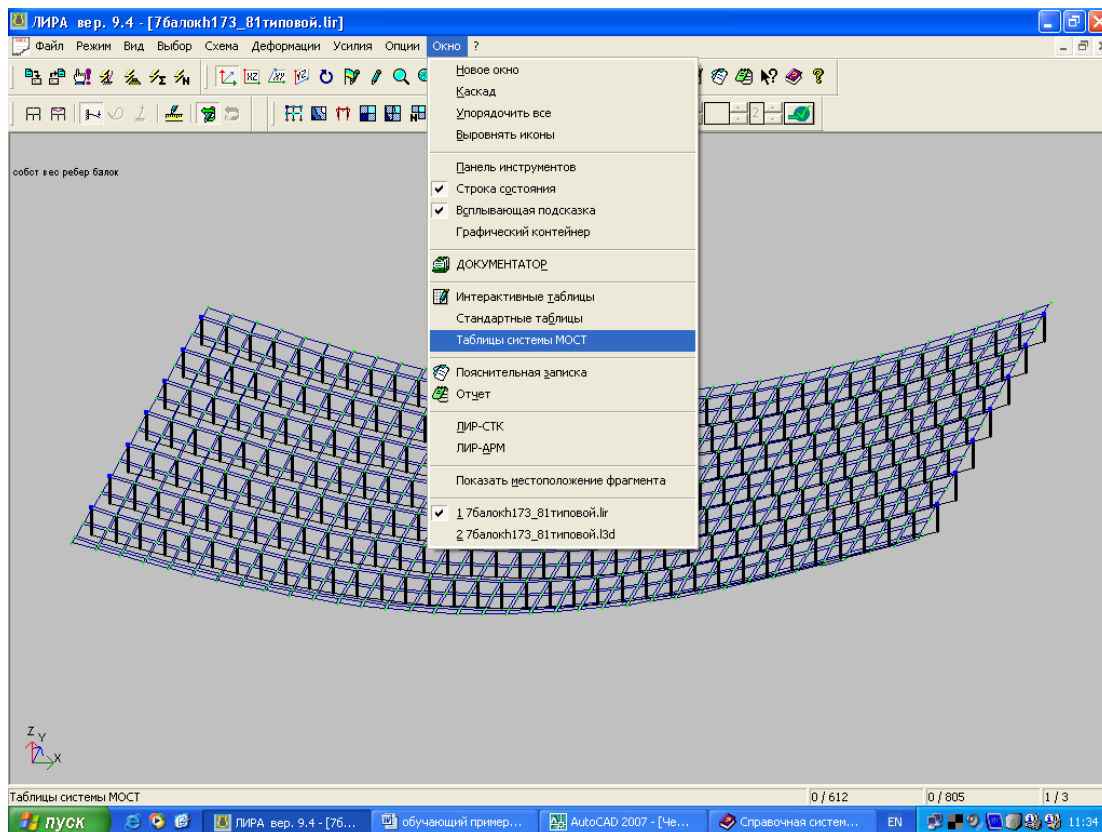


Рис.31. После выполнения расчета по стандартной схеме для вызова результатов расчета в системе «Мост» в меню «Окно» выбираем «Таблицы системы МОСТ».

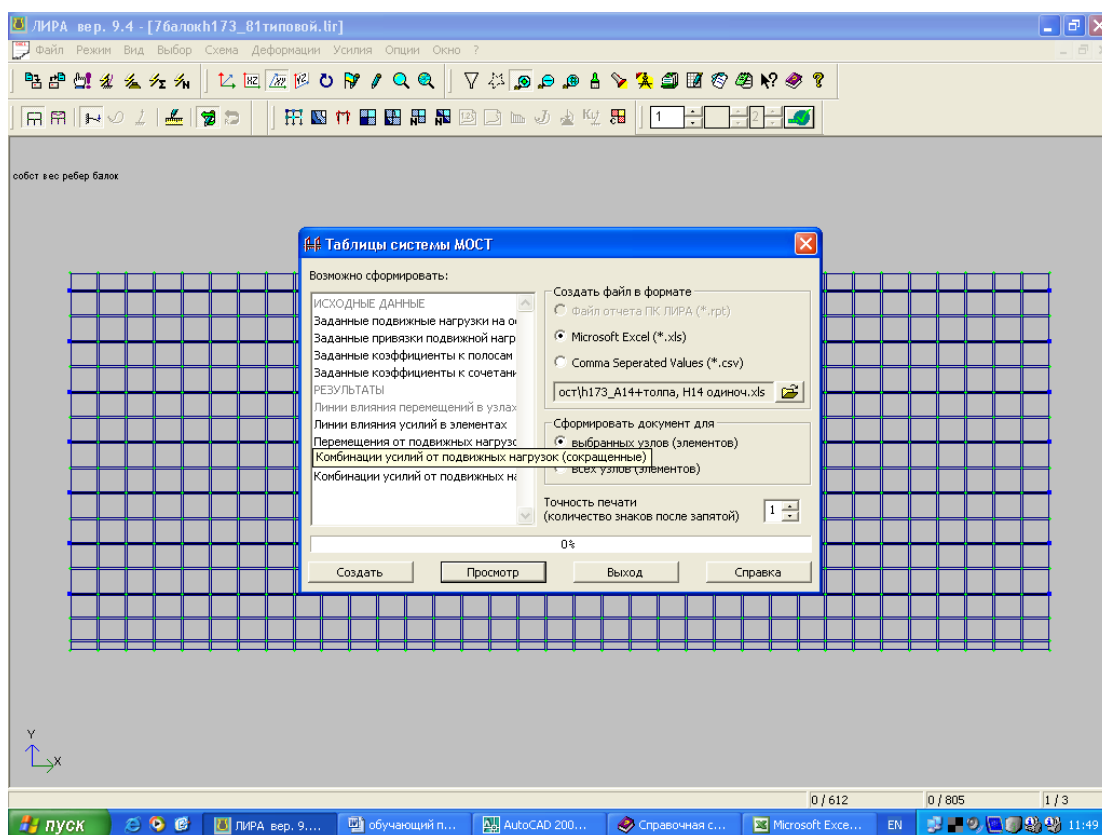


Рис.32. Для получения усилий в заданных элементах (см. комментарий к рис.30) сначала выбираем узлы или элементы (все или выбранные), для которых будут составляться таблицы, затем формат файла, затем выбираем папку и имя файла, нажимаем «создать», после выполнения – «просмотр».

Microsoft Excel - h173_A14+толпа, H14 одиноч.xls

ФайлПравкаВидВставкаФорматСервисДанныеОформлениеСправка

Введите вопрос

Аrial Cyr8ЖКЧ

ОТВЕТИТЬ С ИЗМЕНЕНИЯМИ...ЗАКОНЧИТЬ ПРОВЕРКУ...

А1Комбинации усилий от подвижных нагрузок (сокращенные)

Комбинации усилий от подвижных нагрузок (сокращенные)																									
Элемент	Тип	Сеч	Фактор	Пост. нагрузка		Подвижные нагрузки												Суммарные нагрузки							
				норм	g > 1	Пешеходы				Автомобильная нагрузка АК				Автомобильная нагрузка НК				Комбинация 1				Комбинация 2			
						норматив	на прочность	мин	макс	норматив	на прочность	мин	макс	норматив	на прочность	мин	макс	норматив	на прочность	мин	макс	норматив	на прочность	мин	макс
6	561	10	1	*N	14.0	17.5	0.0	3.7	0.0	4.5	-8.1	0.0	-10.7	0.0	-12.5	0.0	-13.8	0.0	5.9	17.8	1.9	22.0	1.5	14.0	
7				*MY	-14.2	-17.7	-3.7	0.0	-4.5	0.0	0.0	8.3	0.0	10.9	0.0	12.9	0.0	14.1	-18.0	-5.9	-22.2	-1.8	-14.2	-1.3	
8				*QZ	55.9	68.5	0.0	8.1	0.0	9.7	-1.1	4.7	-1.5	6.1	0.0	6.3	0.0	6.9	54.8	68.7	48.9	84.4	55.9	62.2	
9	561	10	2	*N	14.0	17.5	0.0	3.7	0.0	4.5	-8.1	0.0	-10.7	0.0	-12.5	0.0	-13.8	0.0	5.9	17.8	1.9	22.0	1.5	14.0	
10				*MY	36.8	44.8	0.0	3.7	0.0	4.5	0.0	10.8	0.0	14.3	0.0	14.8	0.0	16.3	36.8	51.4	33.1	63.5	36.8	51.6	
11				*QZ	54.9	67.4	0.0	8.1	0.0	9.7	-1.1	4.7	-1.5	6.1	0.0	6.3	0.0	6.9	53.8	67.7	47.9	83.2	54.9	61.2	
12	562	10	1	*N	46.5	57.1	0.0	7.7	0.0	9.2	-4.8	2.2	-6.3	2.9	-6.9	3.1	-7.5	3.5	41.7	56.4	35.6	69.3	39.6	49.6	
13				*MY	3.1	3.7	-0.5	0.1	-0.7	0.2	0.0	5.7	0.0	7.5	0.0	8.6	0.0	9.4	2.6	9.0	2.2	11.4	3.1	11.7	
14				*QZ	50.6	61.8	0.0	6.6	0.0	7.9	-0.4	5.3	-0.5	6.9	0.0	7.4	0.0	8.2	50.2	62.4	45.0	76.6	50.6	58.0	
15	562	10	2	*N	46.5	57.1	0.0	7.7	0.0	9.2	-4.8	2.2	-6.3	2.9	-6.9	3.1	-7.5	3.5	41.7	56.4	35.6	69.3	39.6	49.6	
16				*MY	49.2	60.0	0.0	5.7	0.0	6.8	0.0	9.6	0.0	12.6	0.0	12.5	0.0	13.7	49.2	64.4	44.3	79.4	49.2	61.7	
17				*QZ	49.6	60.7	0.0	6.6	0.0	7.9	-0.4	5.3	-0.5	6.9	0.0	7.4	0.0	8.2	49.1	61.4	44.1	75.5	49.6	57.0	
18	563	10	1	*N	76.5	93.8	0.0	11.4	0.0	13.7	-3.6	5.3	-4.7	7.0	-4.1	7.7	-4.5	8.4	72.9	93.3	64.1	114.6	72.4	84.2	
19				*MY	18.1	22.0	0.0	1.8	0.0	2.2	0.0	6.0	0.0	7.9	0.0	8.4	0.0	9.2	18.1	25.9	16.3	32.1	18.1	26.5	
20				*QZ	46.2	56.3	0.0	5.5	0.0	6.6	-0.1	5.7	-0.1	7.4	0.0	8.0	0.0	8.8	46.1	57.4	41.5	70.4	46.2	54.2	
21	563	10	2	*N	76.5	93.8	0.0	11.4	0.0	13.7	-3.6	5.3	-4.7	7.0	-4.1	7.7	-4.5	8.4	72.9	93.3	64.1	114.6	72.4	84.2	
22				*MY	60.1	73.3	0.0	6.9	0.0	8.3	0.0	10.6	0.0	14.0	0.0	13.9	0.0	15.3	60.1	77.6	54.1	95.5	60.1	74.0	
23				*QZ	45.2	55.2	0.0	5.5	0.0	6.6	-0.1	5.7	-0.1	7.4	0.0	8.0	0.0	8.8	45.1	56.3	40.6	69.2	45.2	53.2	
24	564	10	1	*N	103.7	127.0	0.0	14.7	0.0	17.6	-3.1	8.5	-4.1	11.2	-2.3	12.2	-2.5	13.5	100.6	127.0	89.3	155.9	101.4	116.0	
25				*MY	31.9	38.9	0.0	3.5	0.0	4.2	0.0	7.4	0.0	9.8	0.0	10.1	0.0	11.1	31.9	42.9	28.7	52.9	31.9	42.0	
26				*QZ	42.3	51.5	0.0	4.8	-0.1	5.7	0.0	5.9	0.0	7.7	0.0	8.2	0.0	9.0	42.3	53.0	38.0	65.0	42.3	50.5	
27	564	10	2	*N	103.7	127.0	0.0	14.7	0.0	17.6	-3.1	8.5	-4.1	11.2	-2.3	12.2	-2.5	13.5	100.6	127.0	89.3	155.9	101.4	116.0	
28				*MY	70.4	85.8	0.0	7.9	0.0	9.4	0.0	12.4	0.0	16.3	0.0	16.4	0.0	18.0	70.4	90.7	63.4	111.6	70.4	86.8	
29				*QZ	41.3	50.4	0.0	4.8	-0.1	5.7	0.0	5.9	0.0	7.7	0.0	8.2	0.0	9.0	41.3	51.9	37.1	63.8	41.3	49.5	
30	565	10	1	*N	128.4	157.1	0.0	17.5	0.0	21.0	-3.1	11.7	-4.0	15.3	-1.0	16.7	-1.1	18.4	125.4	157.6	111.6	193.5	127.4	145.1	
31				*MY	44.8	54.6	0.0	4.9	0.0	5.9	0.0	9.4	0.0	12.3	0.0	12.6	0.0	13.8	44.8	59.1	40.3	72.9	44.8	57.4	
32				*QZ	38.8	47.2	-0.2	4.3	-0.2	5.2	0.0	5.8	0.0	7.7	0.0	8.1	0.0	8.9	38.6	48.9	34.7	60.0	38.8	46.9	
33	565	10	2	*N	128.4	157.1	0.0	17.5	0.0	21.0	-3.1	11.7	-4.0	15.3	-1.0	16.7	-1.1	18.4	125.4	157.6	111.6	193.5	127.4	145.1	
34				*MY	80.0	97.5	0.0	8.7	0.0	10.4	0.0	14.4	0.0	19.0	0.0	19.2	0.0	21.1	80.0	103.2	72.0	126.9	80.0	99.2	
35				*QZ	37.8	46.0	-0.2	4.3	-0.2	5.2	0.0	5.8	0.0	7.7	0.0	8.1	0.0	8.9	37.6	47.9	33.8	58.9	37.8	45.9	
36	566	10	1	*N	150.8	184.4	0.0	20.0	0.0	24.0	-3.1	14.7	-4.0	19.3	-0.2	21.0	-0.2	23.1	147.7	185.5	131.7	227.7	150.6	171.8	
37				*MY	56.8	69.3	0.0	6.2	0.0	7.4	0.0	11.5	0.0	15.2	0.0	15.5	0.0	17.1	56.8	74.5	51.1	91.8	56.8	72.4	
38				*QZ	35.5	43.1	0.4	4.0	0.4	4.7	0.0	5.7	0.0	7.4	0.0	7.8	0.0	8.6	35.1	45.1	31.5	55.3	35.5	43.3	

Лист1

Готово

ПУСК

ЛИРА вер.9...

обучающий...

AutoCAD 200...

Справочная...

Microsoft Exce...

EN

11:48

Рис.33. Полученные таблицы для удобства необходимо отредактировать, т.е. упорядочить столбцы, убрать все ненужное. В данной таблице убраны столбцы с результатами расчета на выносливость, т.к. балки на выносливость не рассчитываются. Для каждого элемента усилия выводятся для двух сечений – начального и конечного.

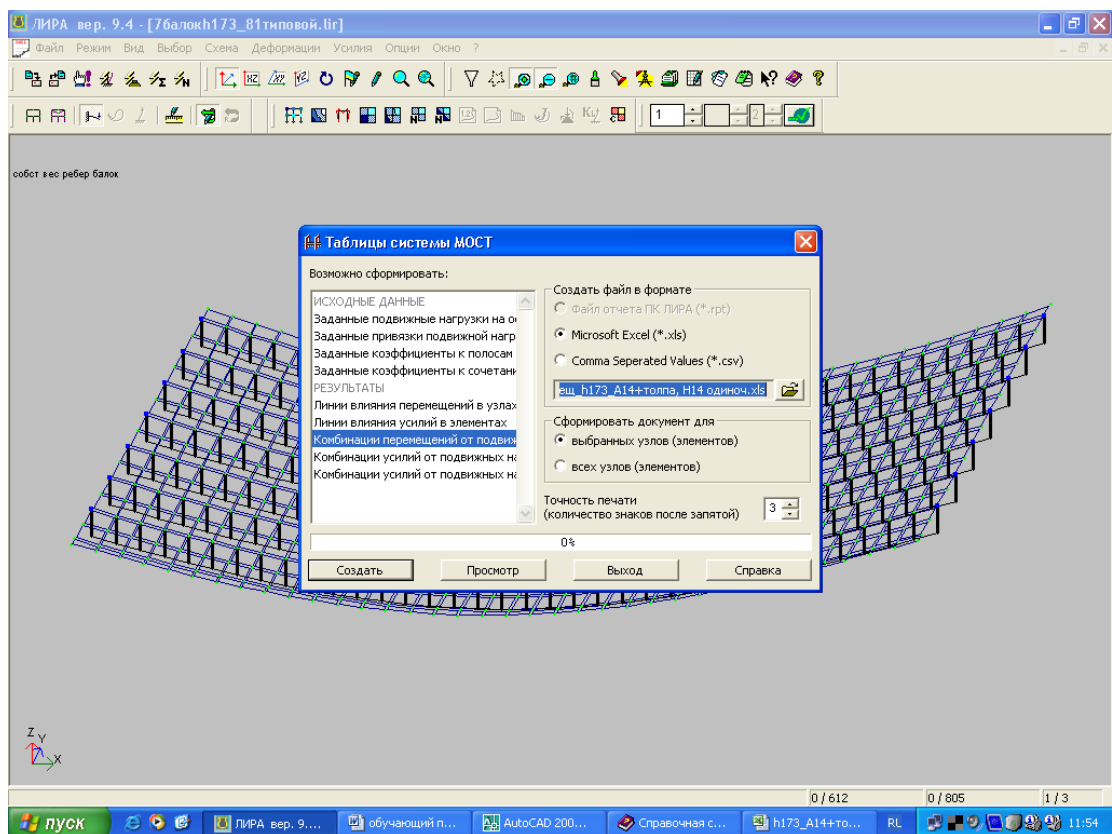


Рис.34. Тот же алгоритм и для вывода результатов перемещений узлов.

Microsoft Excel - перемещ_h173_A14+толпа, H14 одиноч.xls

ФайлПравкаВидВставкаФорматСервисДанныеОформлениеСправка

Введите вопрос

А1

Комбинации перемещений от подвижных нагрузок (сокращенные)

Комбинации перемещений от подвижных нагрузок (сокращенные)													N	O	P	Q	R
2	Пост. нар.		Подвижные нагрузки						Суммарные нагрузки								
3	Узел	Фактор	Пешеходы		нагрузка АК		нагрузка НК		Комбинация 1		Комбинация 2						
4			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max					
5	1	*X	-0.211	-0.013	0.000	-0.104	0.000	-0.153	0.000	-0.327	-0.211	-0.364	-0.211				
6		*Y	0.051	0.000	0.005	0.000	0.020	0.000	0.030	0.051	0.076	0.051	0.082				
7		*Z	-2.774	-1.170	0.000	0.000	0.920	0.000	1.032	-3.944	-1.854	-2.774	-1.742				
8		*UX	1.731	0.000	0.754	-0.555	0.000	-0.623	0.000	1.176	2.485	1.108	1.731				
9		*UY	4.314	-0.037	0.531	0.000	0.742	0.000	1.018	4.277	5.587	4.314	5.332				
10		*UZ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
11	18	*X	-2.064	-0.203	0.000	-0.690	0.000	-0.998	0.000	-2.957	-2.064	-3.062	-2.064				
12		*Y	-0.250	-0.156	0.000	-0.329	0.193	-0.521	0.000	-0.736	-0.057	-0.771	-0.250				
13		*Z	-47.280	-6.985	0.000	-5.512	0.750	-7.534	0.000	-59.777	-46.530	-54.814	-47.280				
14		*UX	3.328	0.000	1.614	-1.934	0.000	-2.110	0.000	1.394	4.942	1.218	3.328				
15		*UY	0.188	-0.151	0.178	-0.011	0.027	-0.022	0.052	0.026	0.393	0.166	0.240				
16		*UZ	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
17	109	*X	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
18		*Y	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
19		*Z	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
20		*UX	0.918	0.000	0.397	-0.385	0.000	-0.433	0.000	0.533	1.315	0.485	0.918				
21		*UY	4.166	0.000	0.419	0.000	0.854	0.000	1.142	4.166	5.439	4.166	5.308				
22		*UZ	0.077	-0.005	0.061	-0.099	0.000	-0.114	0.000	-0.027	0.138	-0.037	0.077				
23	126	*X	-2.101	-0.161	0.000	-0.680	0.000	-0.909	0.000	-2.942	-2.101	-3.009	-2.101				
24		*Y	-0.178	-0.150	0.000	-0.311	0.197	-0.492	0.000	-0.639	0.019	-0.670	-0.178				
25		*Z	-41.491	-4.148	0.000	-8.481	0.000	-11.502	0.000	-54.120	-41.491	-52.993	-41.491				
26		*UX	2.667	0.000	1.383	-2.005	0.000	-2.202	0.000	0.662	4.050	0.465	2.667				
27		*UY	0.174	-0.029	0.046	-0.025	0.065	-0.038	0.102	0.120	0.286	0.136	0.277				
28		*UZ	0.029	-0.045	0.029	-0.059	0.036	-0.110	0.003	-0.076	0.094	-0.081	0.032				
29	181	*X	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
30		*Y	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
31		*Z	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000				
32		*UX	0.004	-0.019	0.056	-0.174	0.000	-0.253	0.000	-0.189	0.061	-0.249	0.004				
33		*UY	3.755	0.000	0.205	0.000	1.157	0.000	1.469	3.755	5.118	3.755	5.224				
34		*UZ	0.077	0.000	0.061	-0.130	0.000	-0.146	0.000	-0.052	0.138	-0.069	0.077				
35	198	*X	-2.137	-0.125	0.000	-0.680	0.000	-0.853	0.000	-2.941	-2.137	-2.990	-2.137				
36		*Y	-0.106	-0.145	0.000	-0.296	0.204	-0.466	0.000	-0.547	0.097	-0.573	-0.106				
37		*Z	-38.047	-2.146	0.000	-11.831	0.000	-15.228	0.000	-52.024	-38.047	-53.275	-38.047				
38		*IV	1.420	0.000	0.967	2.018	0.000	2.065	0.000	0.599	2.386	0.616	1.420				

Готово

лист1

пуск

ЛИРА ве... обучающ... AutoCAD ... Справоч... h173_A14... перемещ... RL

11:57

Рис.35. Таблица перемещений узлов.

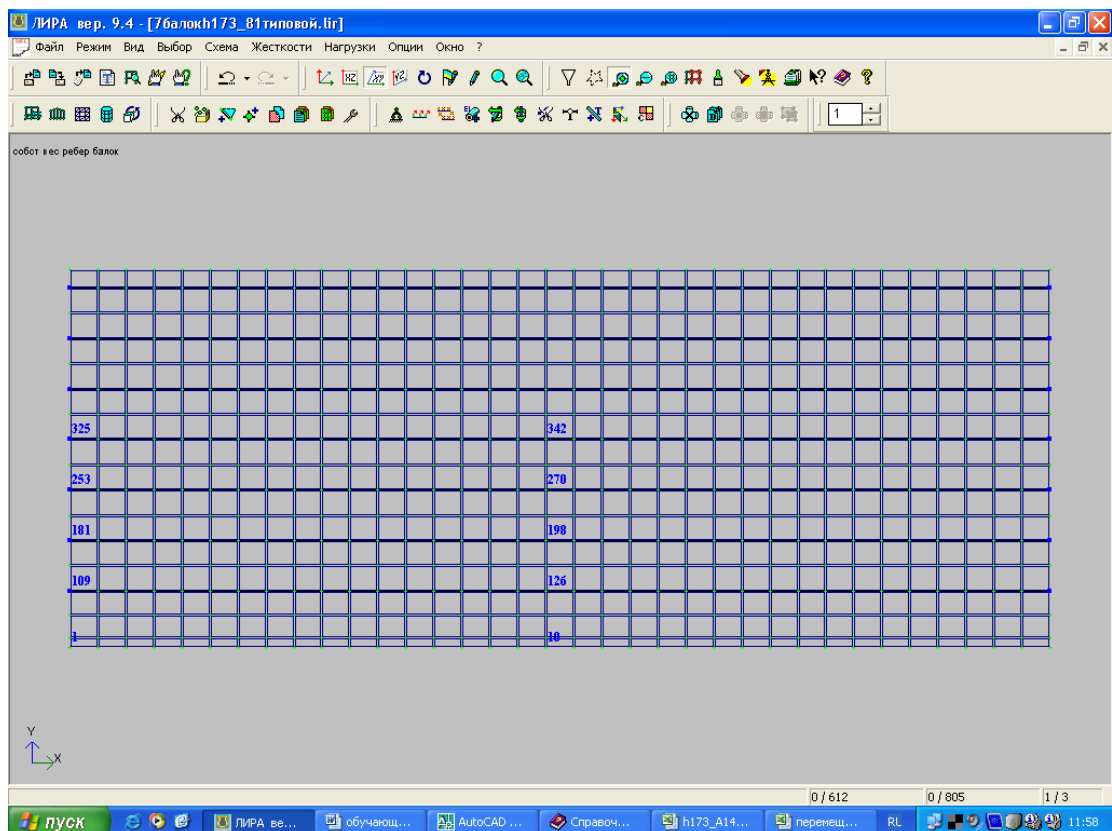


Рис.36. Для привязки таблицы расчета к расчетной схеме выделяем соответствующие узлы и с помощью иконки «флаги рисования» устанавливаем «показывать номера выбранных узлов».

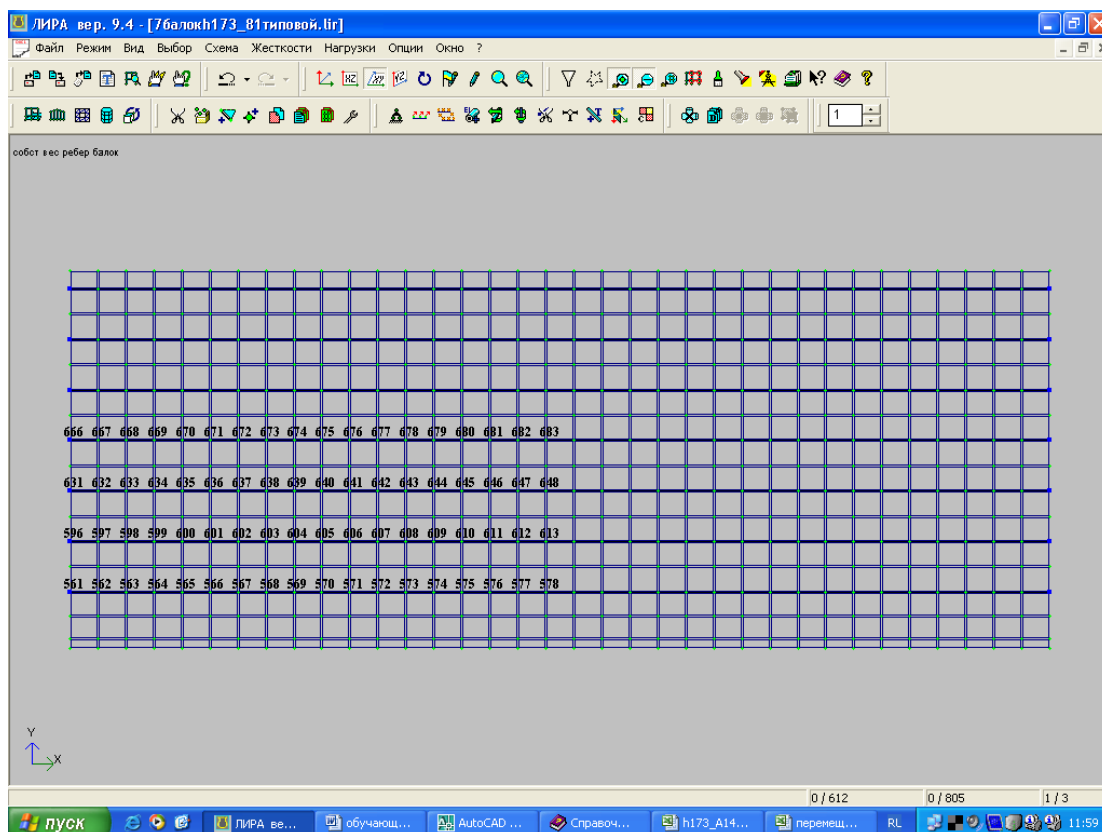


Рис.37. Ту же процедуру проделываем со стержнями.

После анализа результатов расчета получаем следующие выводы: самой нагруженной является балка № 3 (элемент №648) при действии одиночной нагрузки Н14:

$$M_{эКВ}=N \cdot e + M_y = 427,3 \cdot 1,0391 + 235,5 = 679,5 \text{ т} \cdot \text{м};$$

в опорном сечении этой балки (элемент № 631) $Q_z = 119,8 \text{ т}$;
 поворот опорного сечения от действия всей нагрузки (узел №253) составляет $U_y = 5,217 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$, от действия нагрузки Н14 – $U_y = 1,595 \cdot 10^{-3} \text{ рад}$;
 прогиб балки в середине пролета (узел №270) составляет $-53,76 \text{ мм}$.

Изгибающий момент и перемещения не превышают предельных значений, указанных в ТП серии 3.503.1-81 вып. 0-4 для балок $L=33 \text{ м}$, $h=173 \text{ см}$, а поперечная сила превышает значение, указанное в расчетном листе, поэтому требуется проверка всех наклонных сечений и в зависимости от результата проверки будет решаться вопрос о корректировке поперечного сечения пролетного строения.