СП 24.13330.2011

Приложение В

(рекомендуемое)

Расчет свай на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента

В.1 При расчете одиночных свай на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и момента допускается проводить расчеты в соответствии со схемой, приведенной на рисунке В.1.

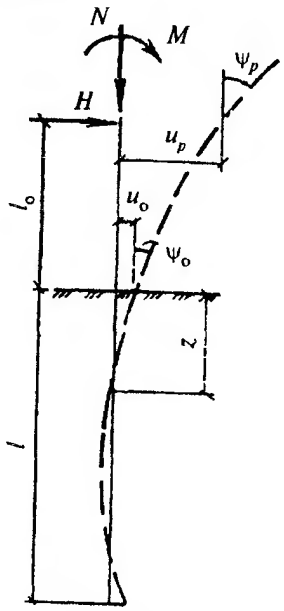

Рисунок В.1 **— Схема нагрузок на сваю**

Рис.1. ЛИРА позволяет довольно быстро и точно смоделировать работу сваи в грунте согласно приложению В СП24.13330 (приложение Д СП 50-102-2003)

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

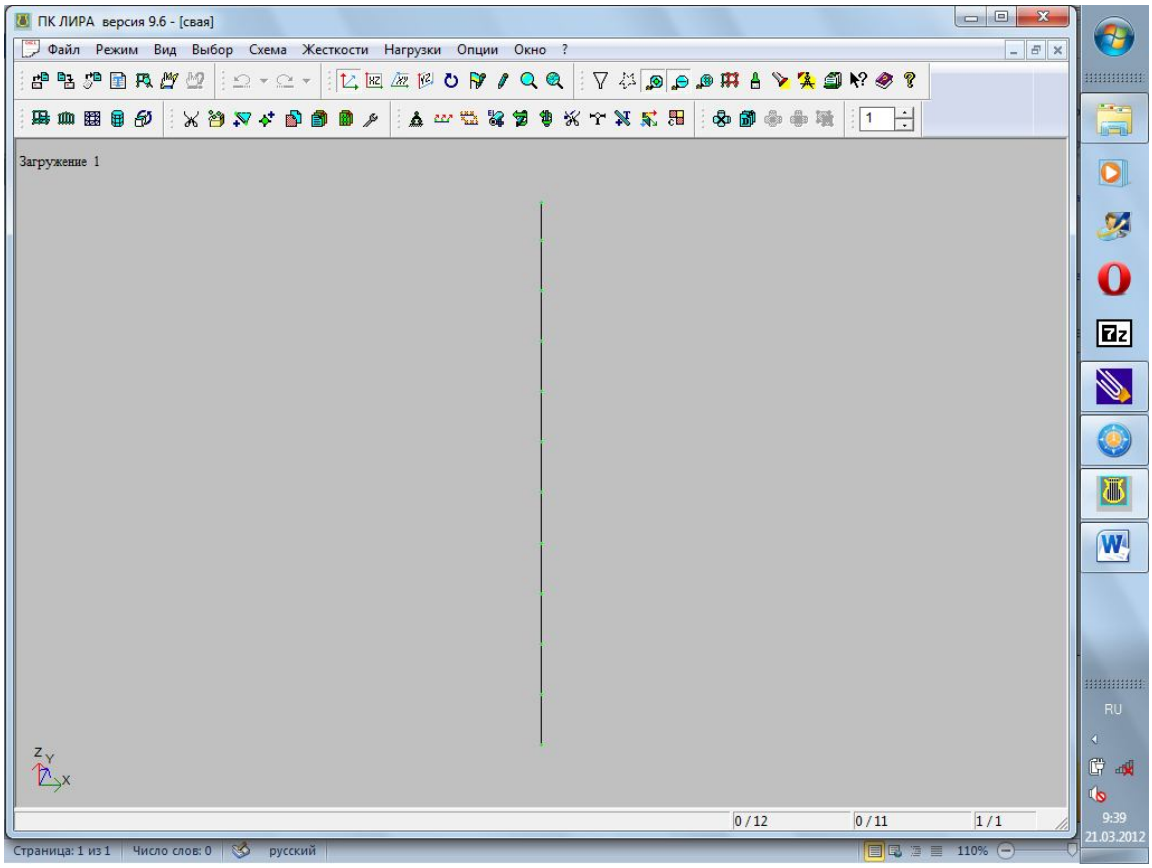

Рис.2. Сваю удобно разбивать по 1 м (верхний элемент – это заделка сваи в ростверк толщиной 1.5 м, соответственно его длина равна 0.75 м).

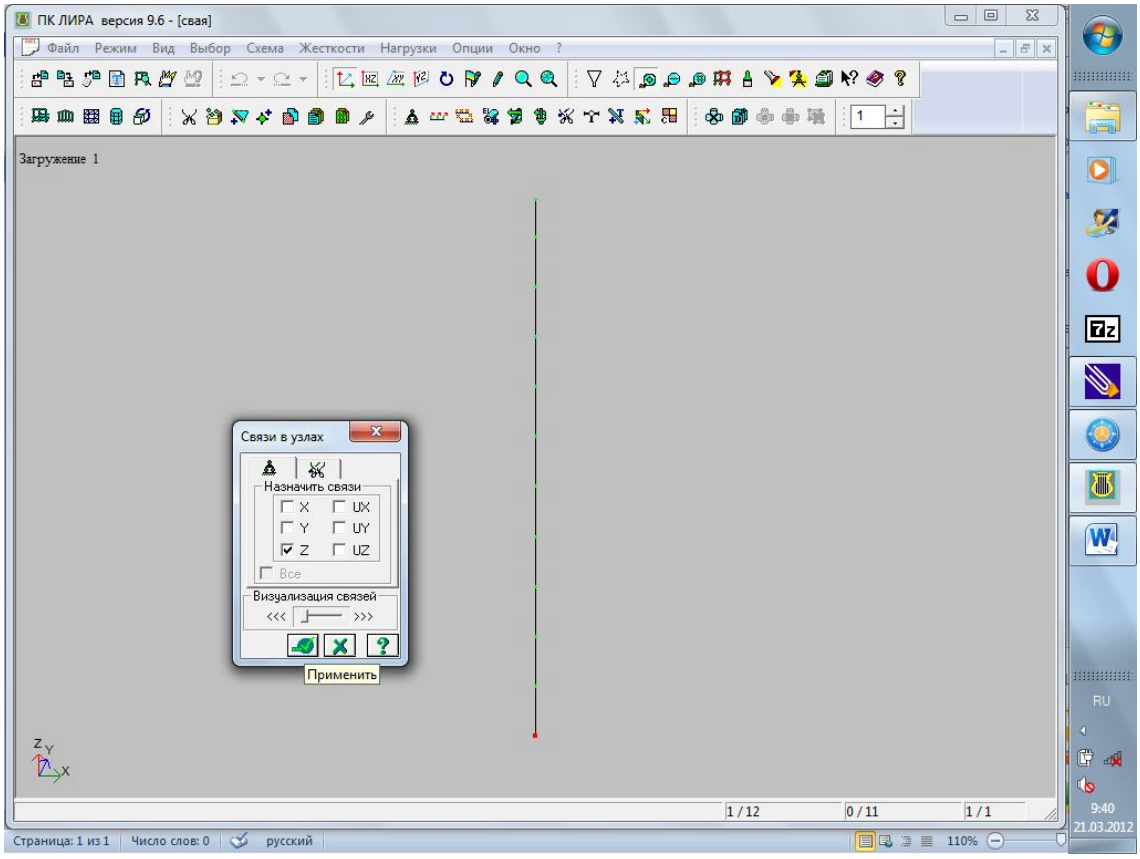

Рис.3. Нижний узел сваи закрепляем по вертикали (для более точного расчета свайного ростверка необходимо еще ввести шарнир (пружинку) по глобальной оси Z (местной оси стержня X1) с жесткостью, равной несущей способности, деленной на осадку, но в рамках курса это не рассматривается).

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

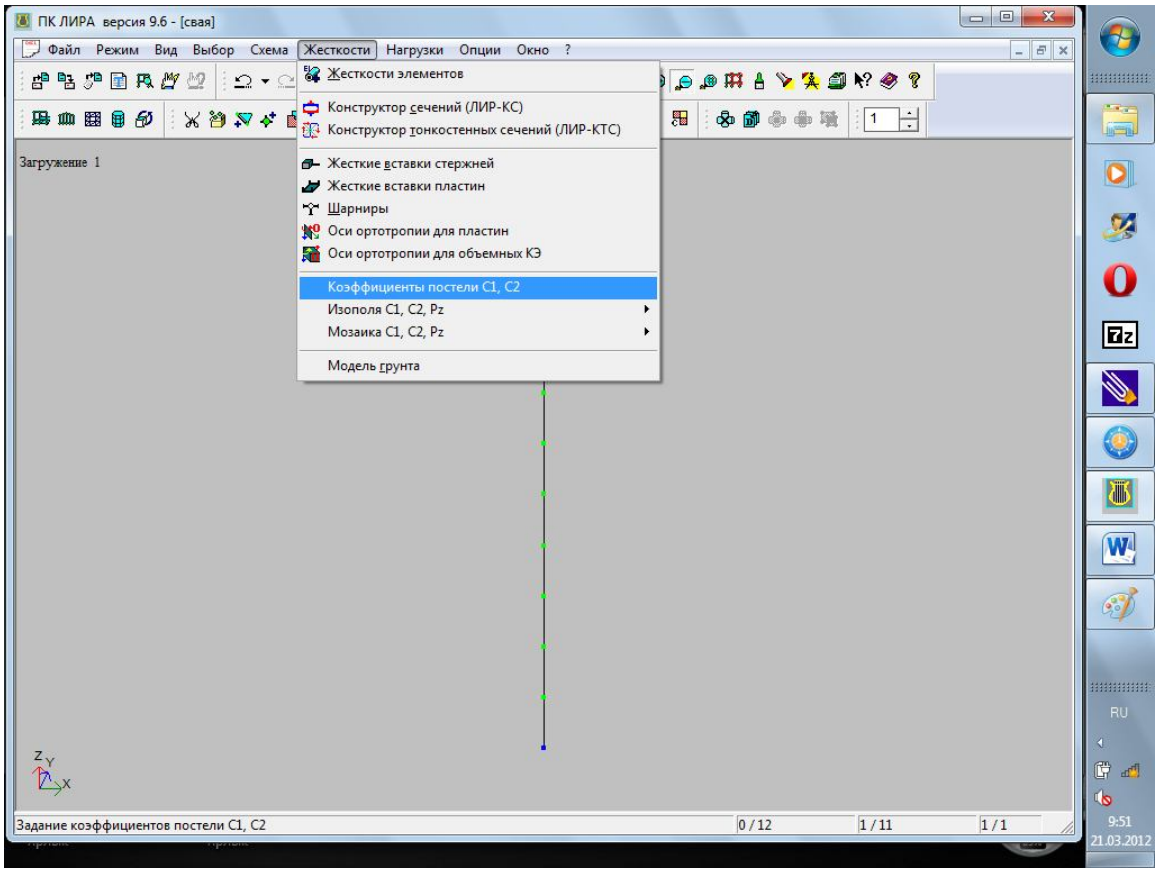

Рис.4. Теперь задаем коэффициенты постели по боковой поверхности сваи.

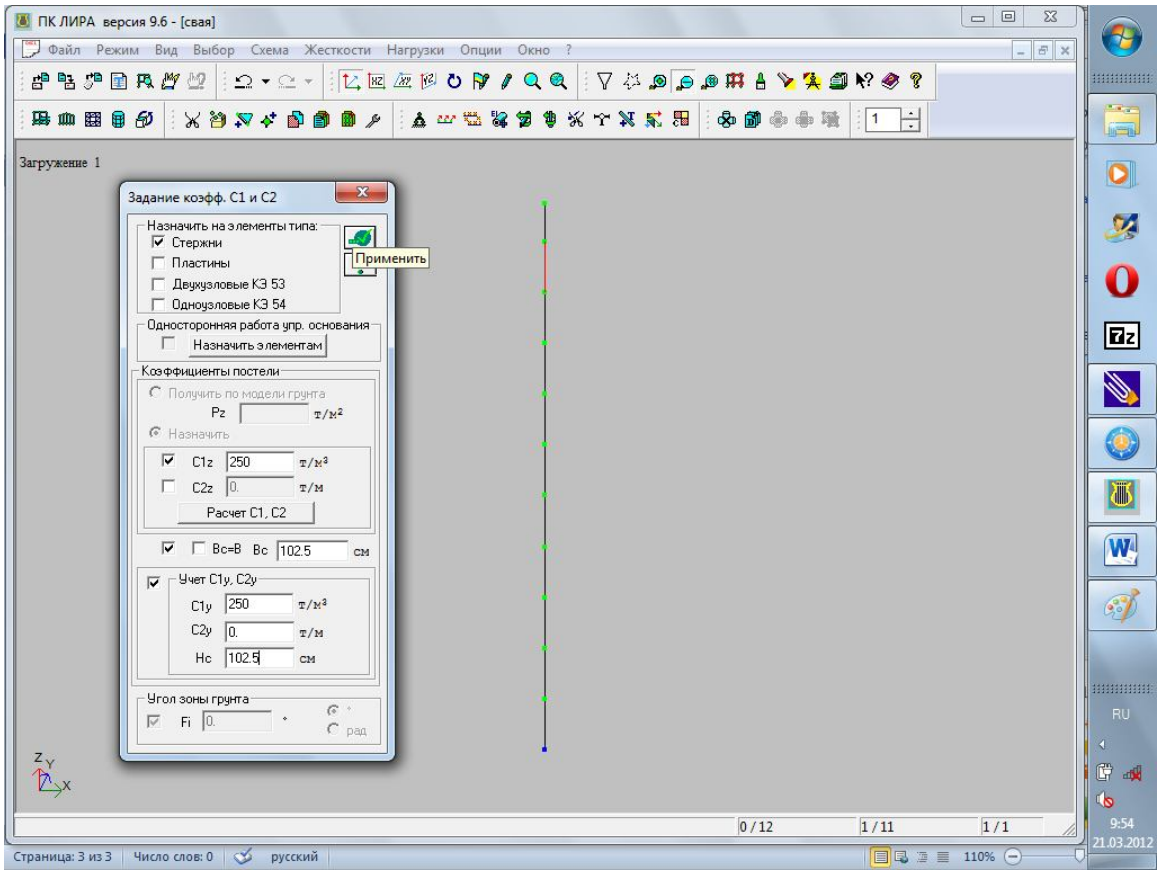

Рис.5. Согласно приложению В СП24.13330, коэффициент постели C=K*z/yc. Для любых мостовых конструкций yc=3. В СП 50-102-2003 формула отличается – нет yc, но K сразу уменьшен втрое. Для примера рассмотрим грунт с к-том пропорциональности K/yc=1500/3=500 т/м^4. Тогда для первого от подошвы ростверка элемента длиной 1 м (выделен на картинке, элемент выше моделирует

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

заделку в ростверк), для его средней части, находящейся от РПГ (расчетной поверхности грунта, в нашем случае – низ ростверка) на глубине 0.5 м, коэффициент постели С=0.5*500=250т/м^3.

Вообще, **коэффициент пропорциональности К физически представляет собой** следующее: какое усилие [т или кН] следует приложить к 1м^2 грунта, находящемуся на глубине 1 м, чтобы переместить его по направлению действия силы на 1 м. Отсюда и единица измерения - [т/м^4 или кН/м^4]. Коэффициент пропорциональности С учитывает глубину расположения рассматриваемой площадки грунта, поэтому он характеризует, какое усилие [т или кН] следует приложить к 1м^2 грунта, чтобы переместить его по направлению действия силы на 1 м. Отсюда и единица измерения - [т/м^3 или кН/м^3]. В случае, показанном на рисунке 5, для грунта, окружающего первый от подошвы ростверка элемент, к одному м^2 грунта следует приложить 250 т, чтобы переместить его по горизонтали на 1 м.

На рис.5 показано, какие характеристики и в какой последовательности следует задавать:

1. Поставить галочку «стержни» - т.к. к-ты постели мы задаем для стержней;
2. Убрать галочку с «Вс=В» - согласно приложению В СП24.13330 и соответствующим приложениям СНиПа и СП 50-102-2003, расчетная ширина сваи больше фактической (в нормативах обозначается как b_p). В ЛИРЕ Вс и Нс – это и есть расчетная ширина сваи по местным осям стержня У1 и Z1 (осям, перпендикулярным оси стержня). Для свай с шириной менее 0.8 м b_p=1.5d+0.5=1.5*0.35+0.5=1.025 м – для нашей сваи 35х35 см.
3. Поставить галочку «Учет С1у, С2у» - это значит, что раз мы рассчитываем пространственную модель (признак схемы 5), то должны учитывать работу грунта по обеим местным осям (см. предыдущий пункт). Вводим те же характеристики – С1у=С1z, Нс=Вс. С2z и С2у моделируют трение вдоль боковых поверхностей и тоже могут быть заданы, но это лишнее – большая трудоемкость и малое влияние на результат; несущую способность по грунту все равно требуется рассчитывать отдельно.

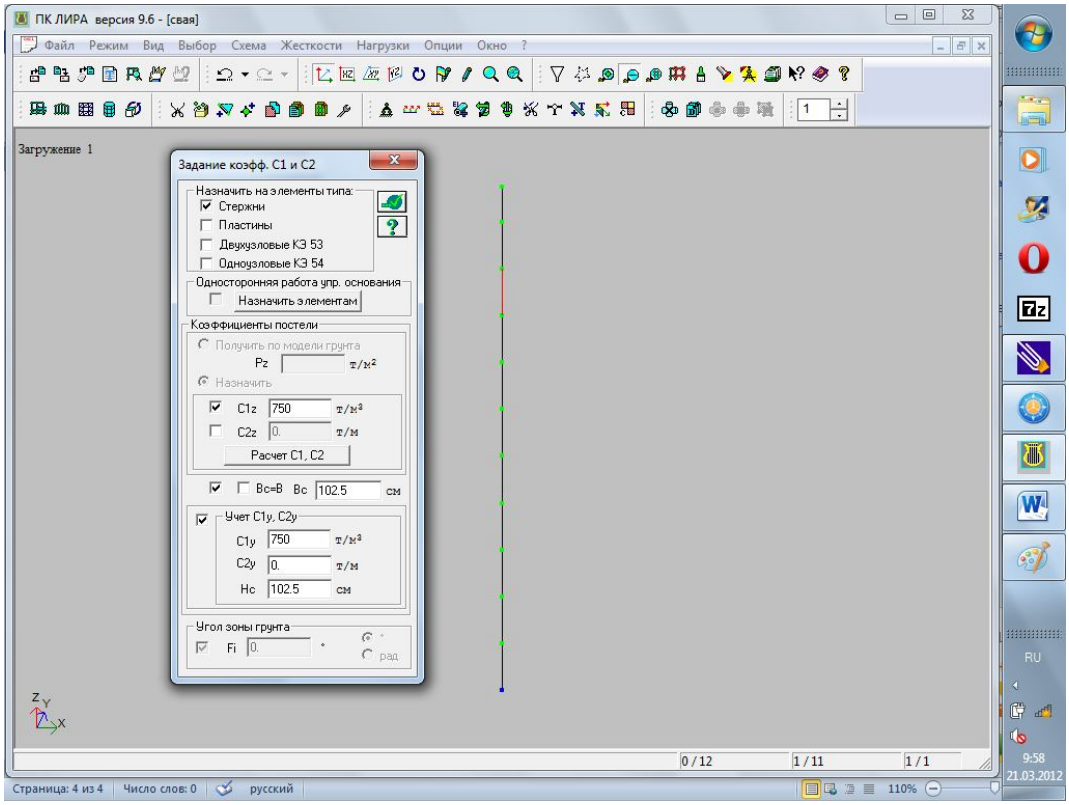

Рис.6. Задаем также для последующих стержней – удобно не закрывать окно, а просто менять в нем значения С1у и С1z и зеленой галочкой назначать на соответствующие стержни, выделение которых при этом снимается.

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

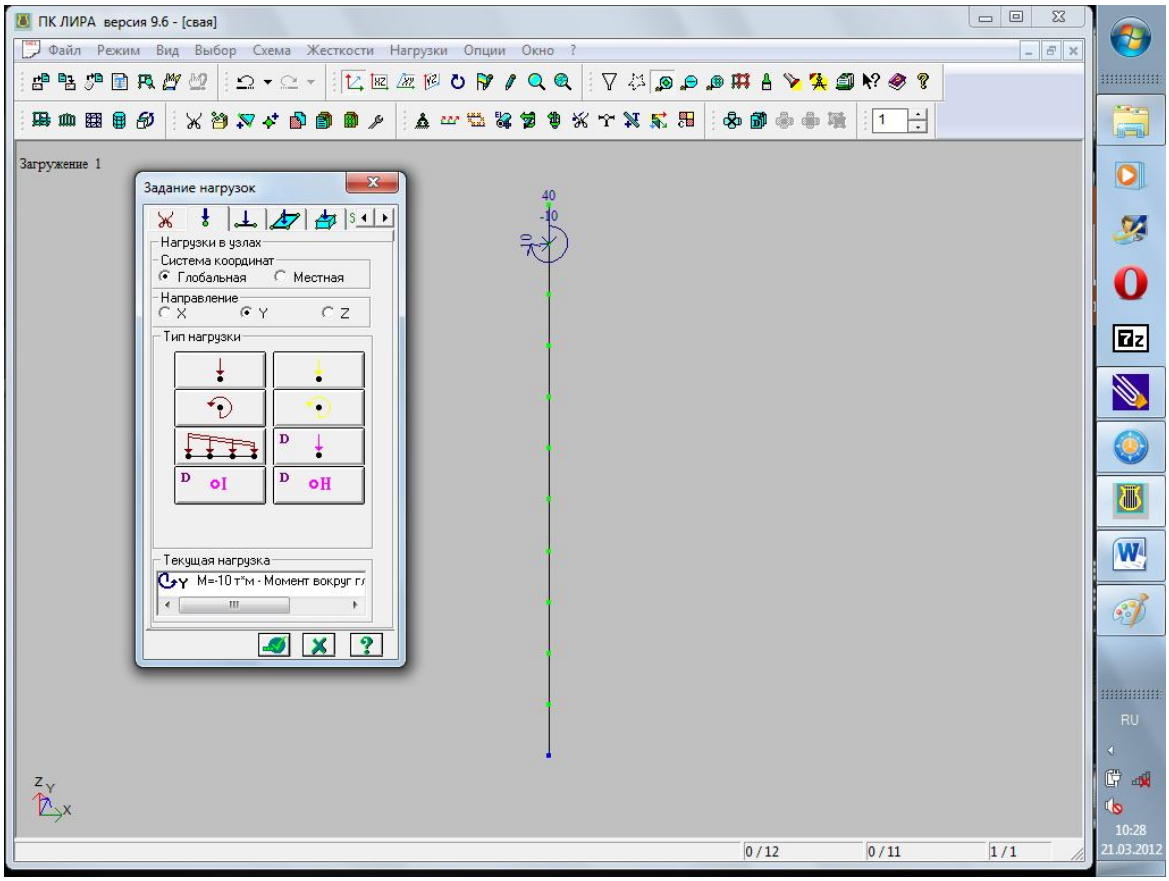

Рис.7. После задания коэффициентов постели всем элементам сваи, зададим для примера произвольные нагрузки на голову сваи (у низа подошвы ростверка, поэтому верхний КЭ-заделку в ростверк просто не учитываем).

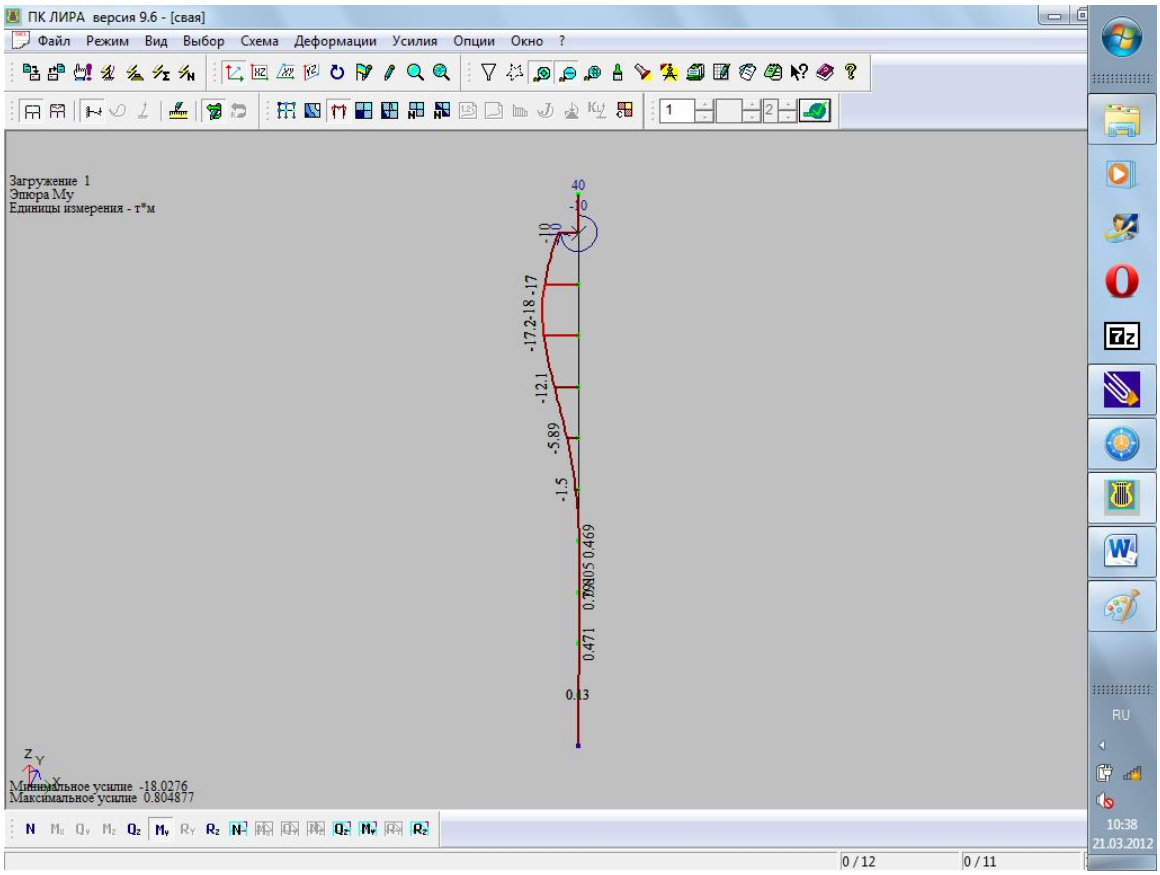

Рис.8. Эпюры моментов в свае.

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

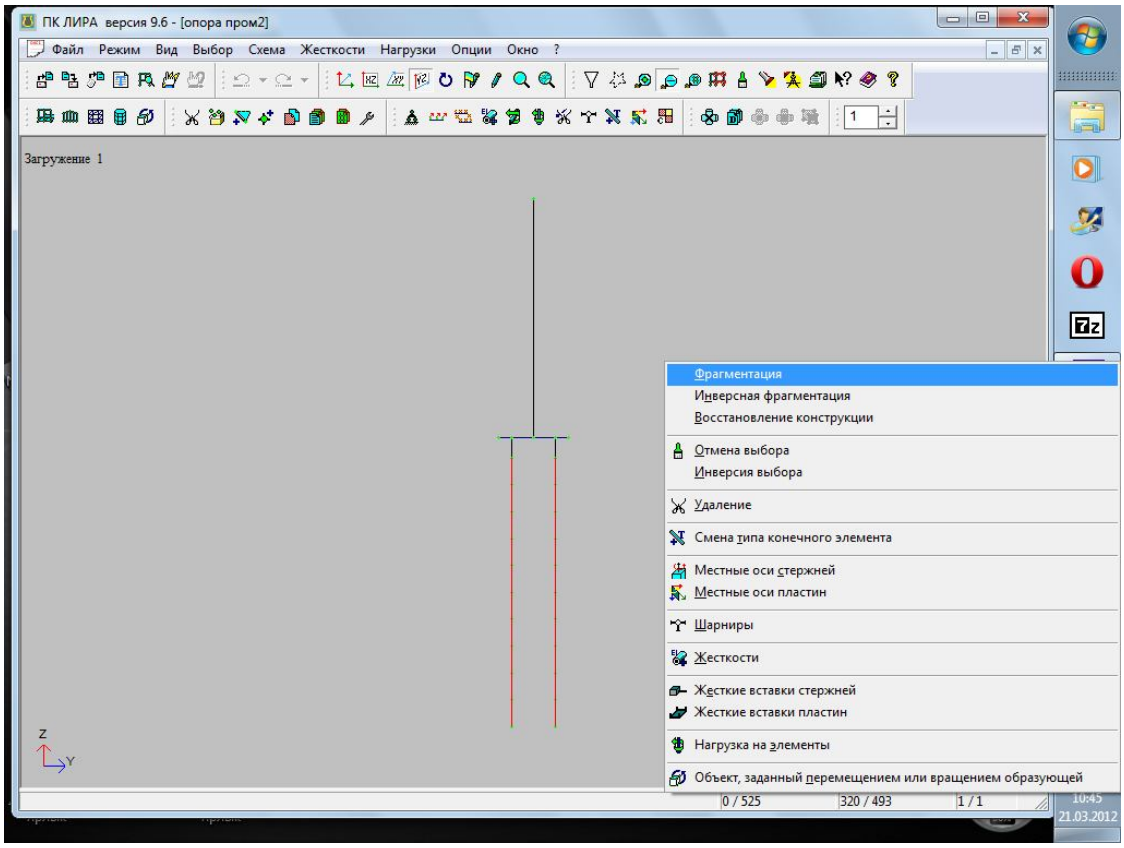

Рис.9. Теперь то же самое необходимо выполнить для всех свай ростверка. Для этого выполним фрагментацию – т.е. оставим в рабочем окне только сваи, начиная от подошвы ростверка. Выделяем сваи, правая кнопка мыши – фрагментация.

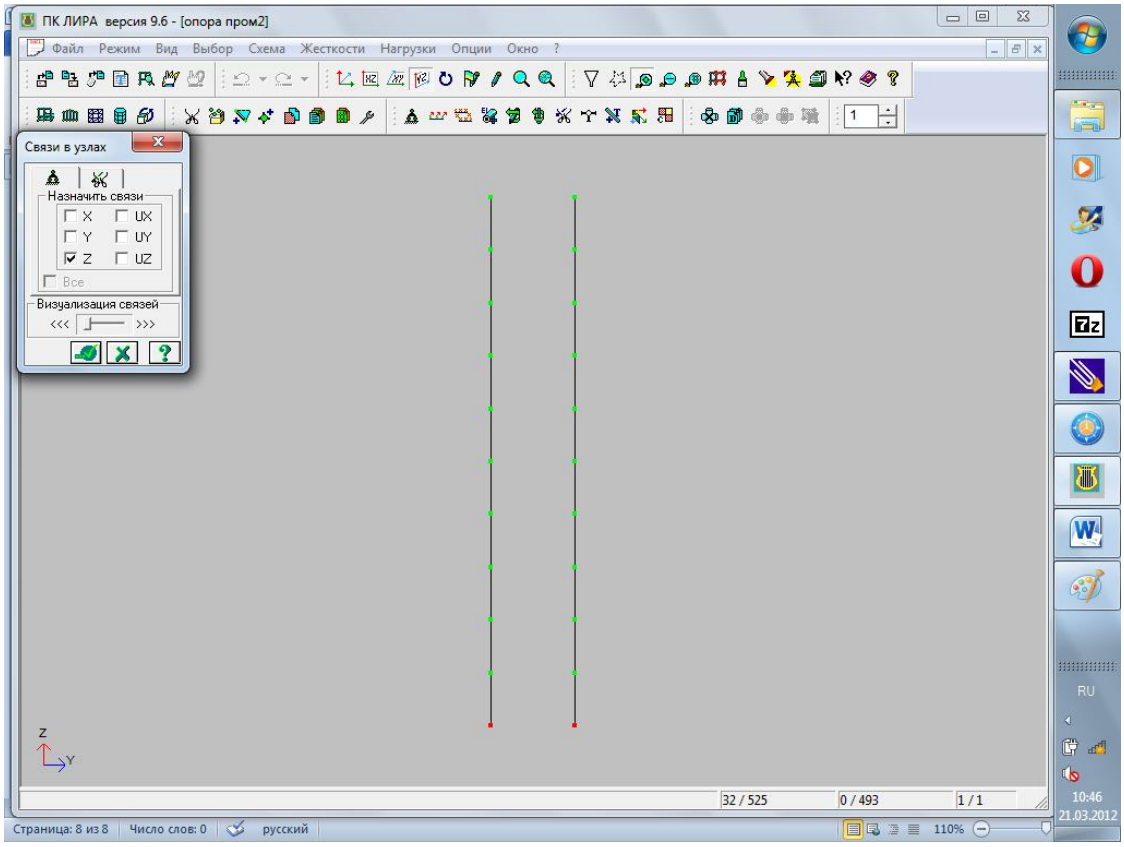

Рис.10. Закрепляем основания всех свай по Z (для удобства работы принят вид на опору сбоку - YZ).

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

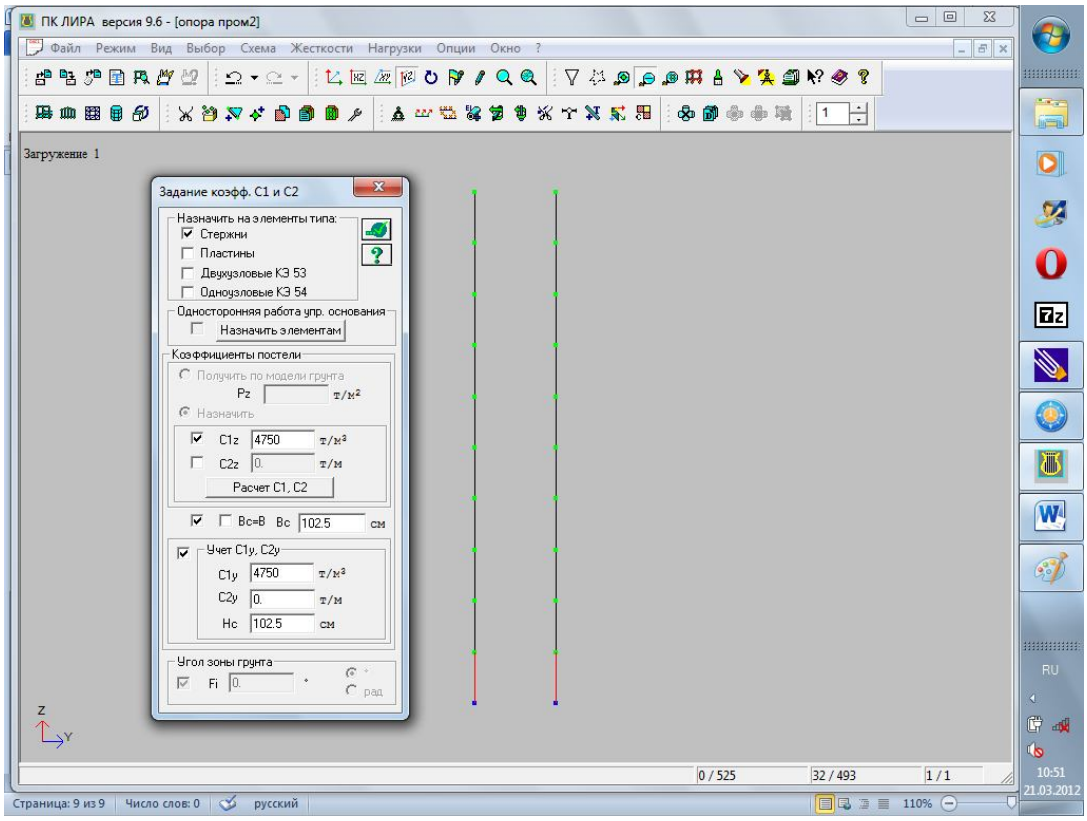

Рис.11. Конечный этап задания коэффициентов постели.

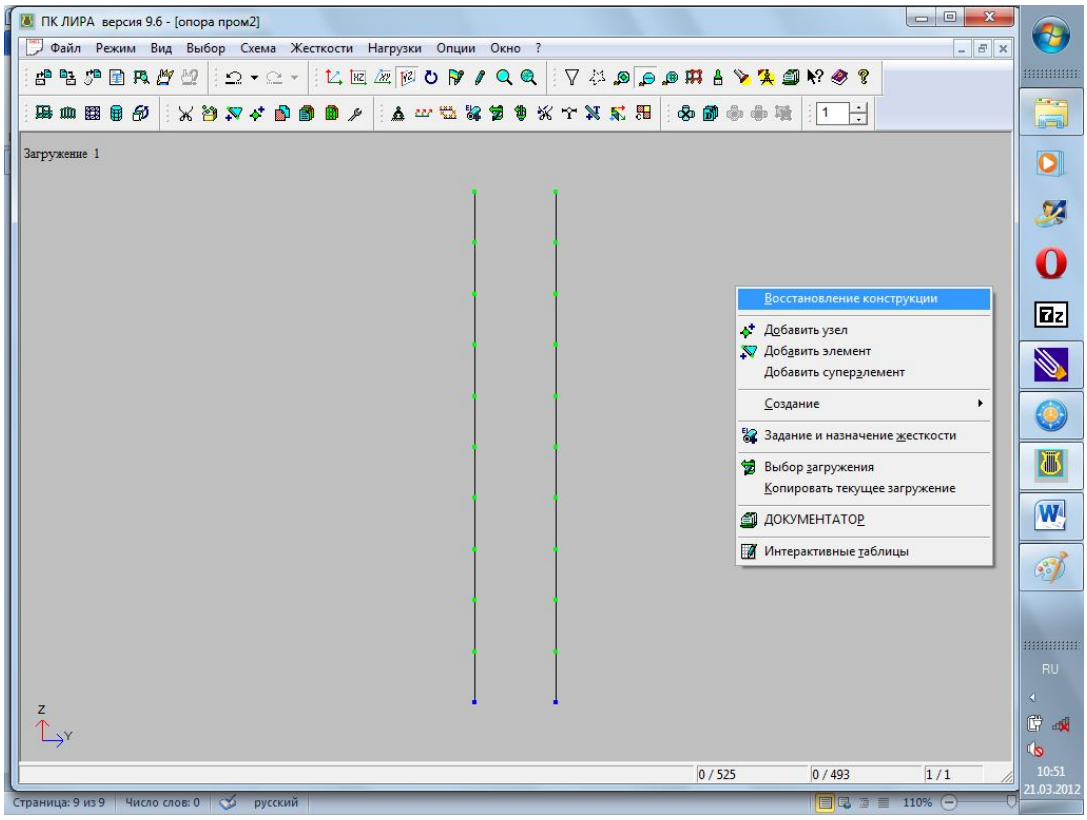

Рис.12. Теперь чтобы визуализировать всю конструкцию в рабочем окне – щелчок правой кнопкой мыши, восстановление конструкции.

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

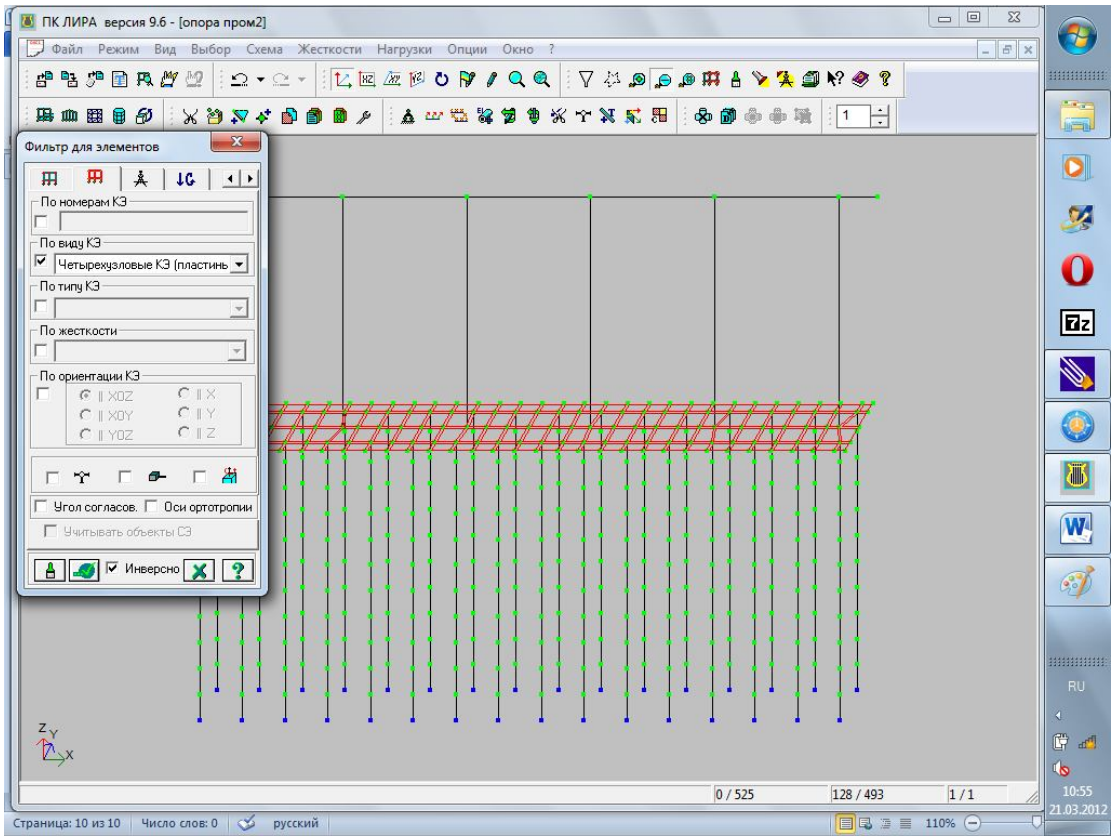

Рис.13. Пластинчатые КЭ ростверка имеют малые размеры в плане и большую толщину – 1.5 м. Для более корректного расчета ростверка (учет сдвиговой составляющей), необходимо переназначить их тип – вместо КЭ-пластины, назначить им тип КЭ толстой оболочки. С помощью полифильтра выделяем КЭ-пластины…

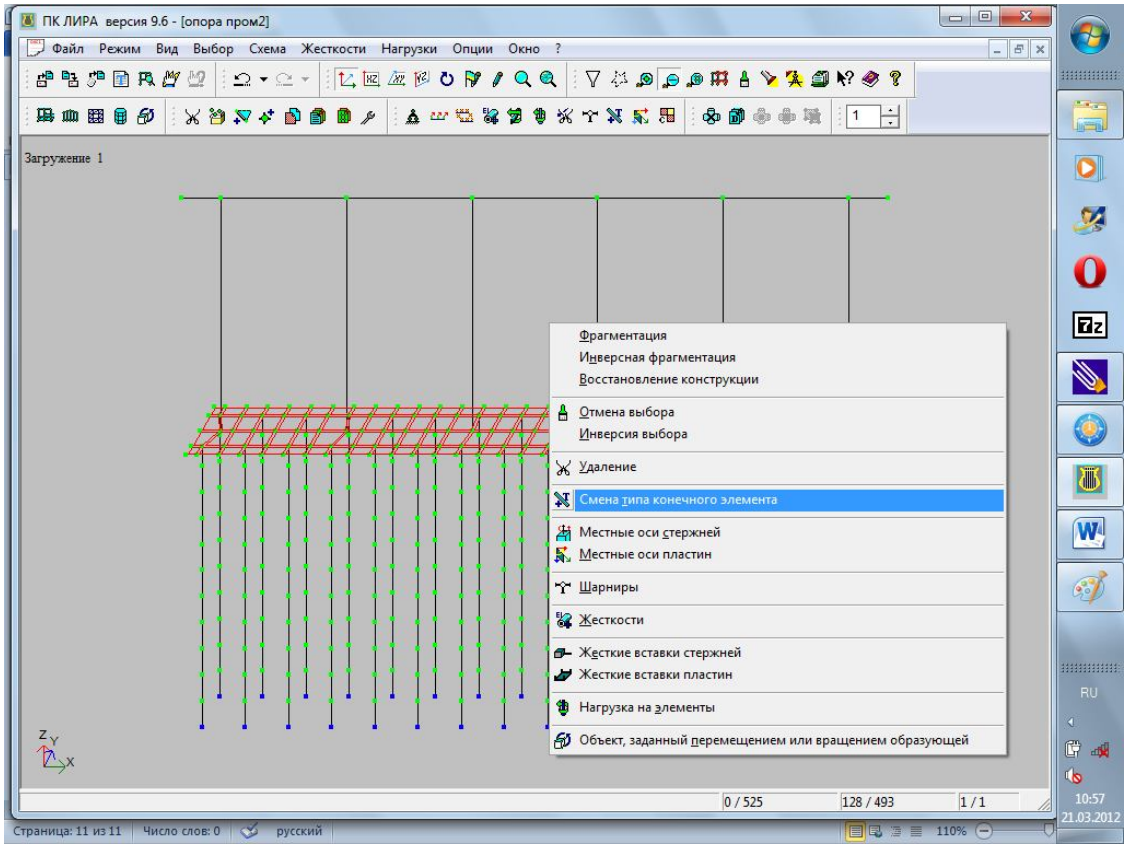

Рис.14. … в стороне щелкаем правой кнопкой мыши и выбираем «смена типа КЭ»

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

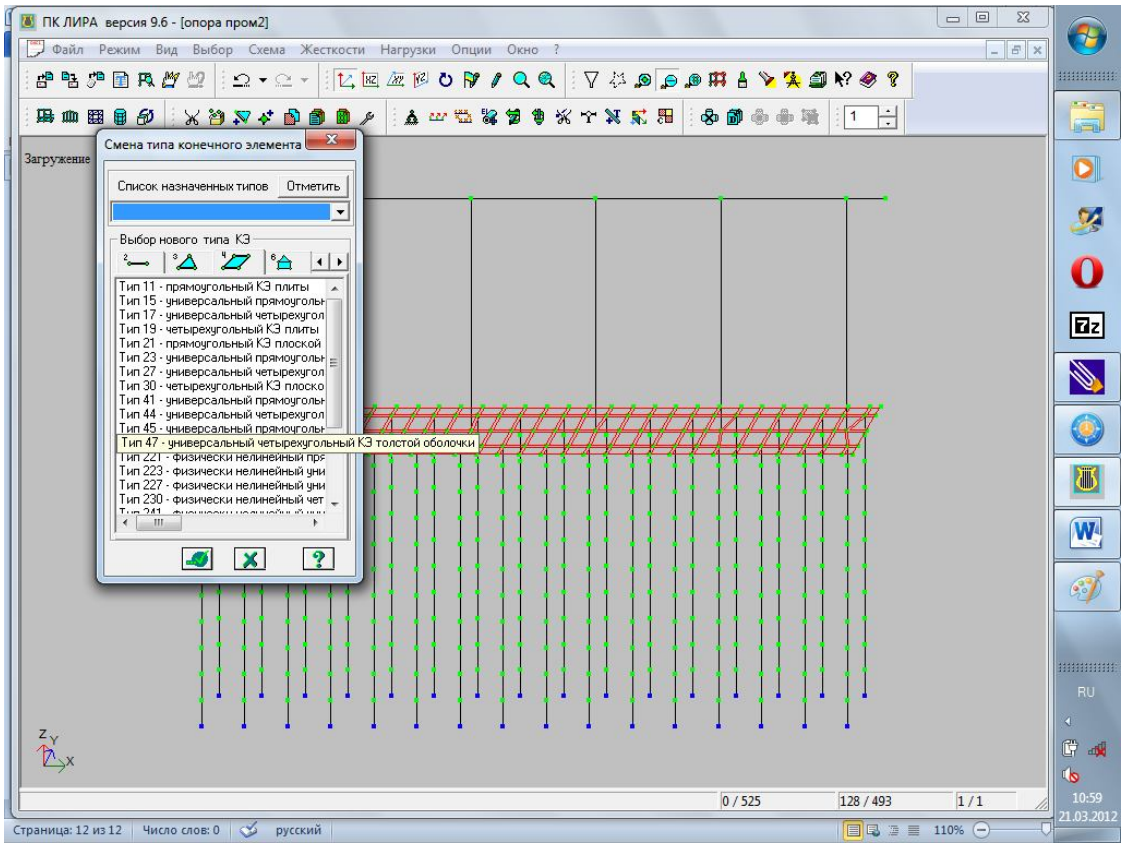

Рис.15. Выбираем КЭ 47.

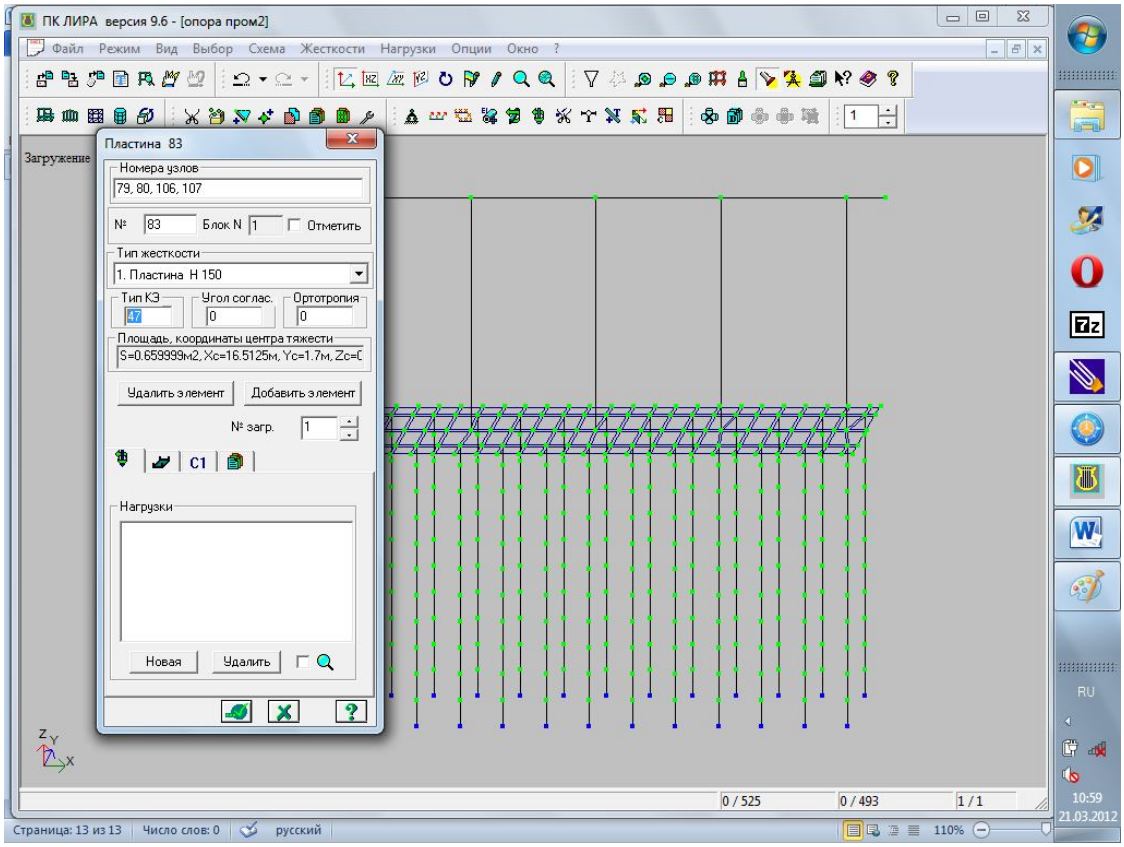

Рис.16. Правильность можно проверить, выбрав «Свойства» (фонарик) и щелкнув на любой пластинчатый КЭ – на рисунке выделено, что нумерация типа КЭ изменилась.

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

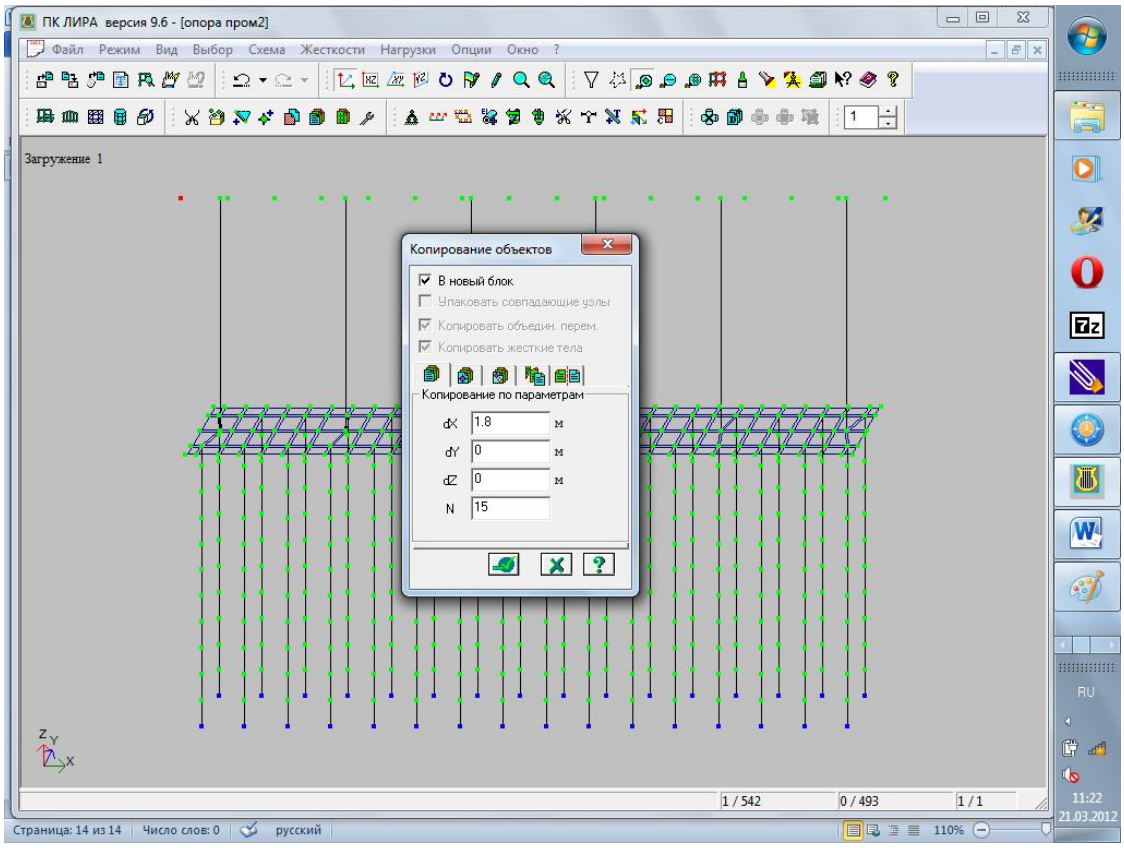

Рис. 17. Теперь для того, чтобы быстро и правильно расположить опорные реакции от пролетных строений на ригеле, переразобъем его так, чтобы опорная реакция балки приходилась в узел. В нашем расчетном поперечнике 16 балок с шагом 1.8 м:

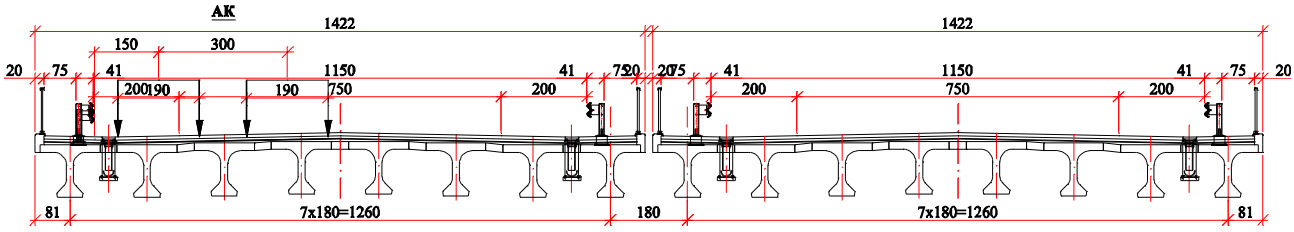

Рис.18. Расчетный поперечник – раздельные пролетные строения под каждое направление движения. В рамках курса следующие упрощения по сравнению с реальным проектированием:

1. С внутренней стороны не нужны служебные проходы и перила.
2. Уклон проезжей части каждого направления делается односкатным.

При расчете пролета рассматривается лишь одно пролетное строение (из 8 балок), т.к. второе симметрично.

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

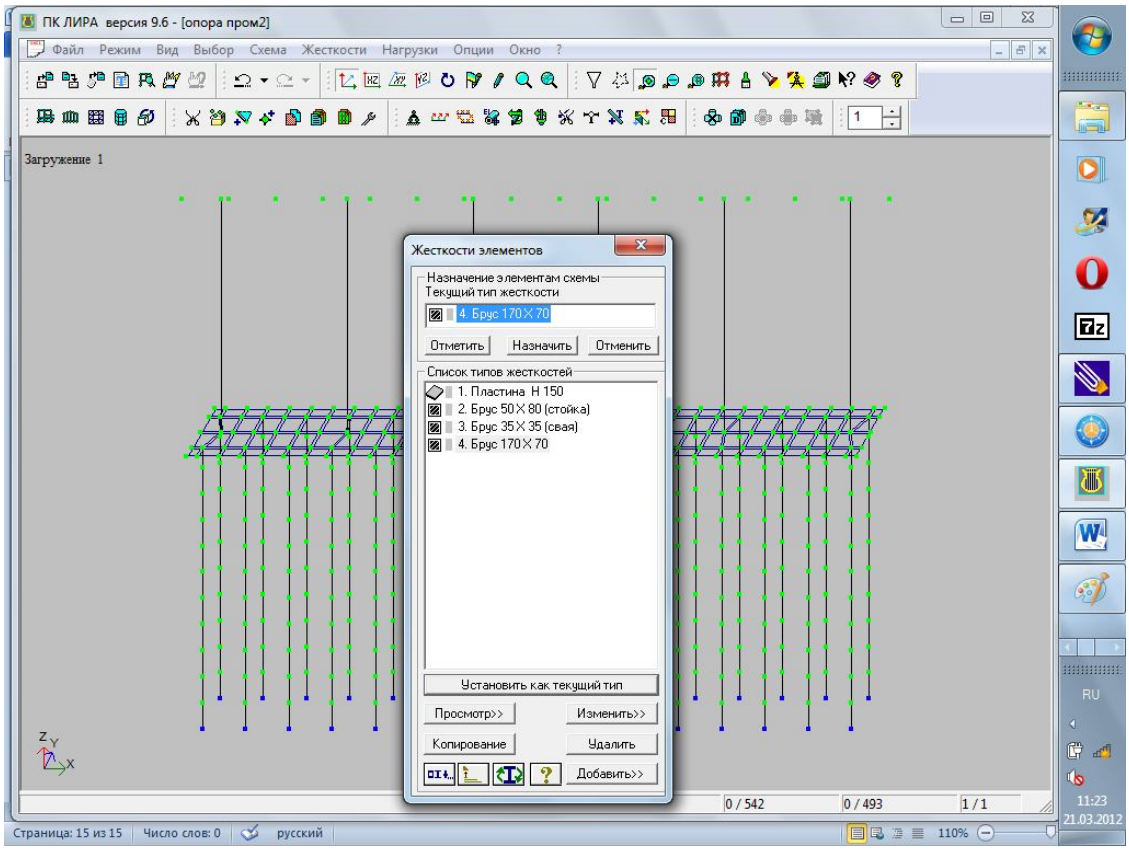

Рис.19. Назначаем тип жесткости ригеля текущим и проводим между крайними узлами стержневые элементы (Рис. 20).

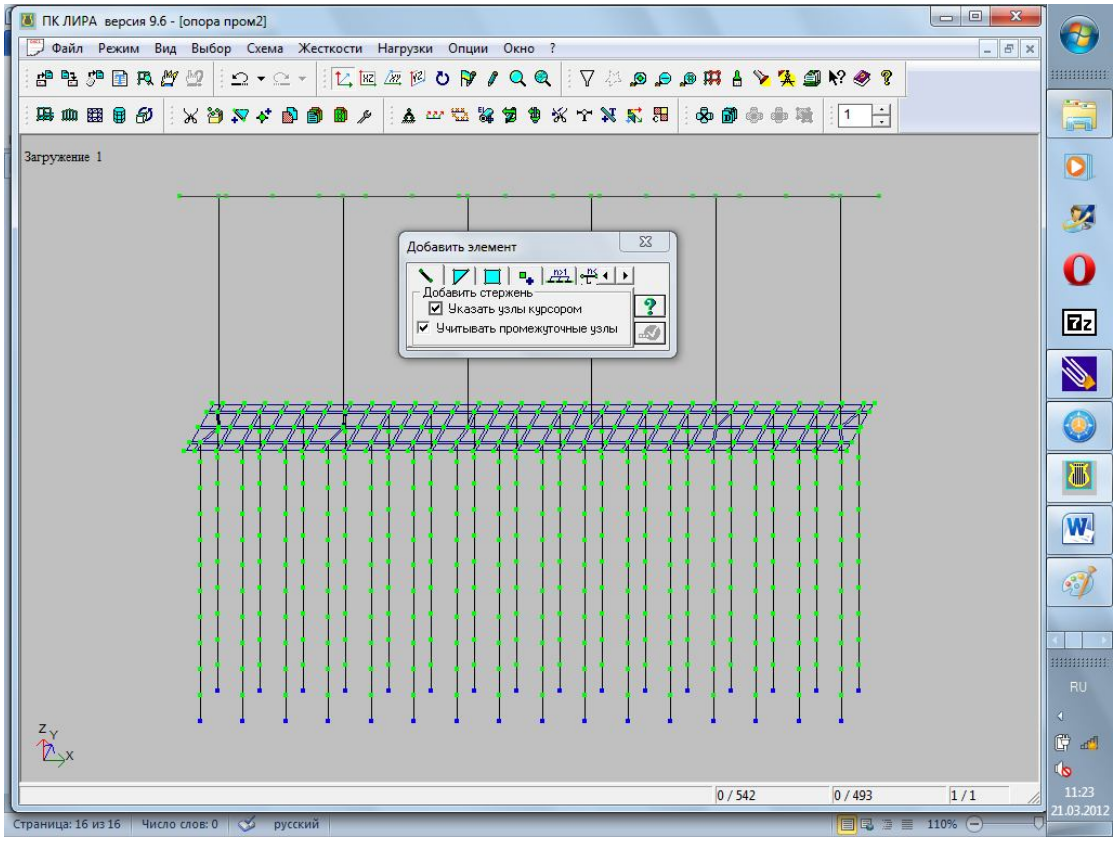

Рис.20.

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

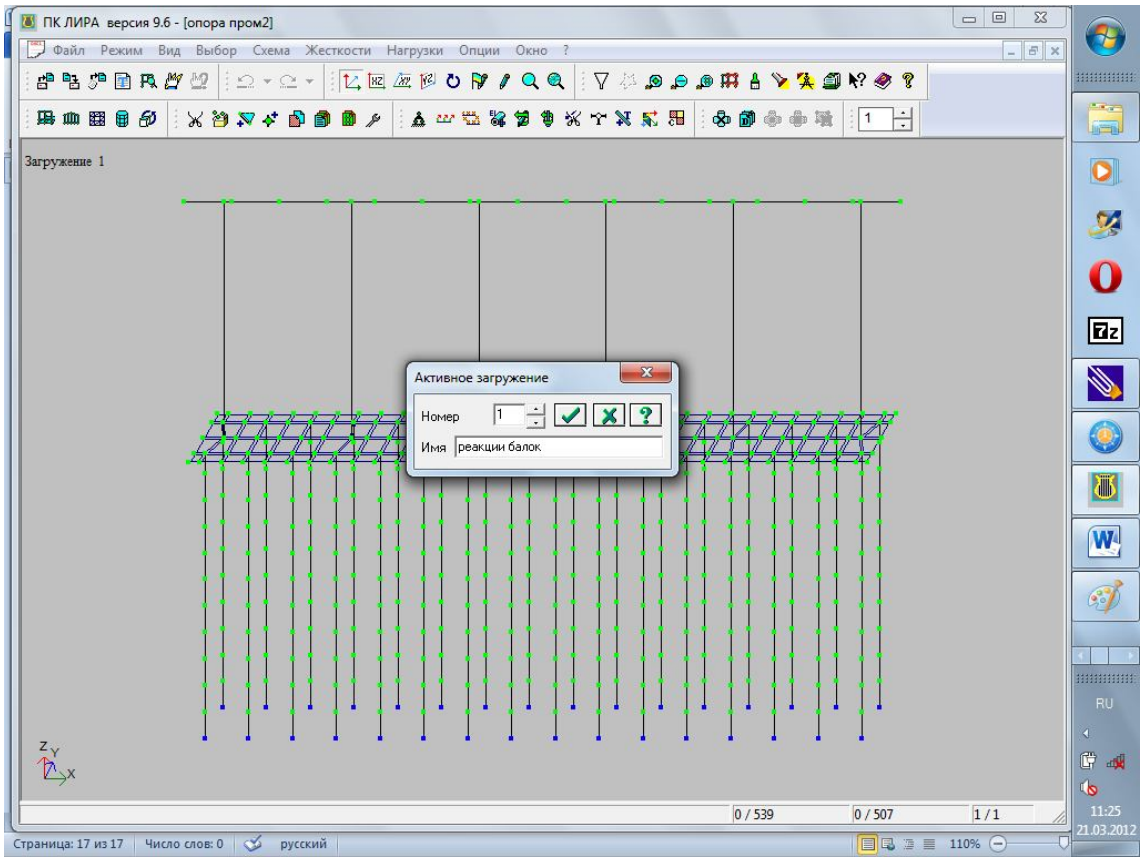

Рис.21. В первом загружении зададим опорные реакции балок, соответственно его и переименовываем.

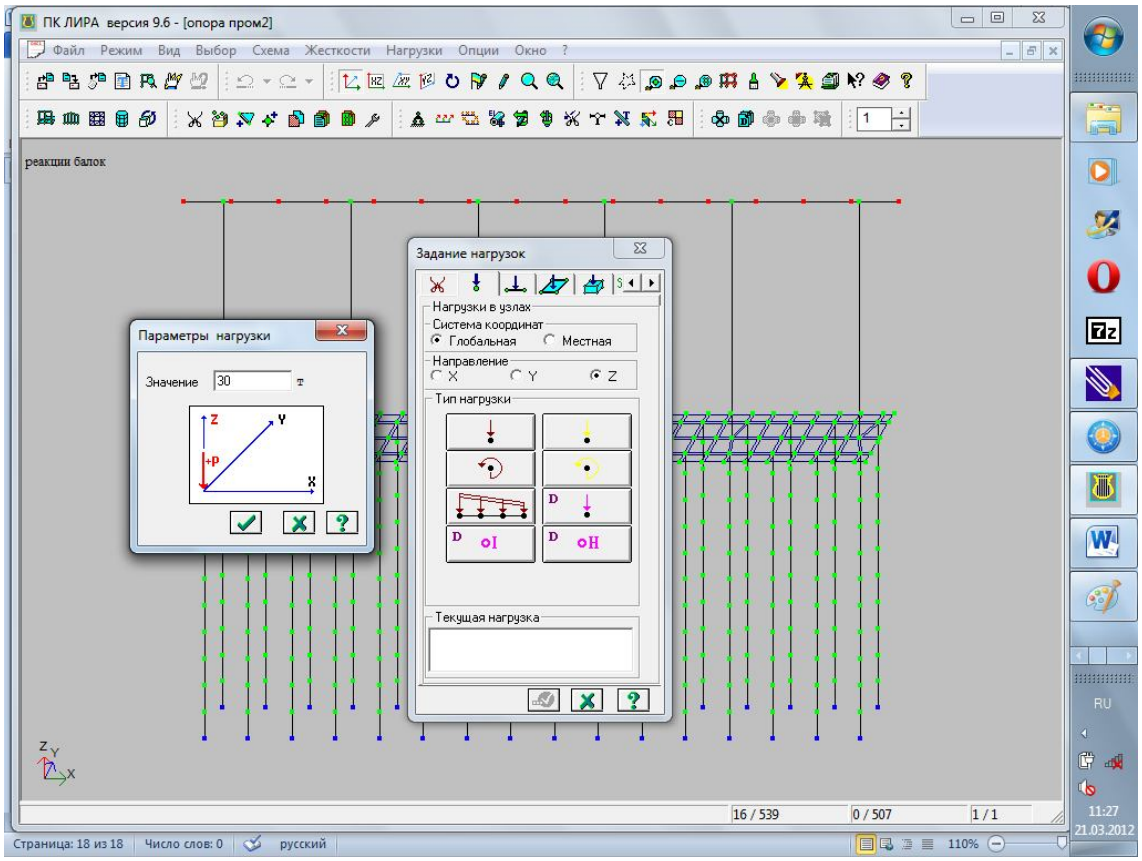

Рис.22. Просто для примера – примем все реакции по 30 т (вычисление опорных реакций пролета от постоянных и временных нагрузок – на следующем занятии).

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

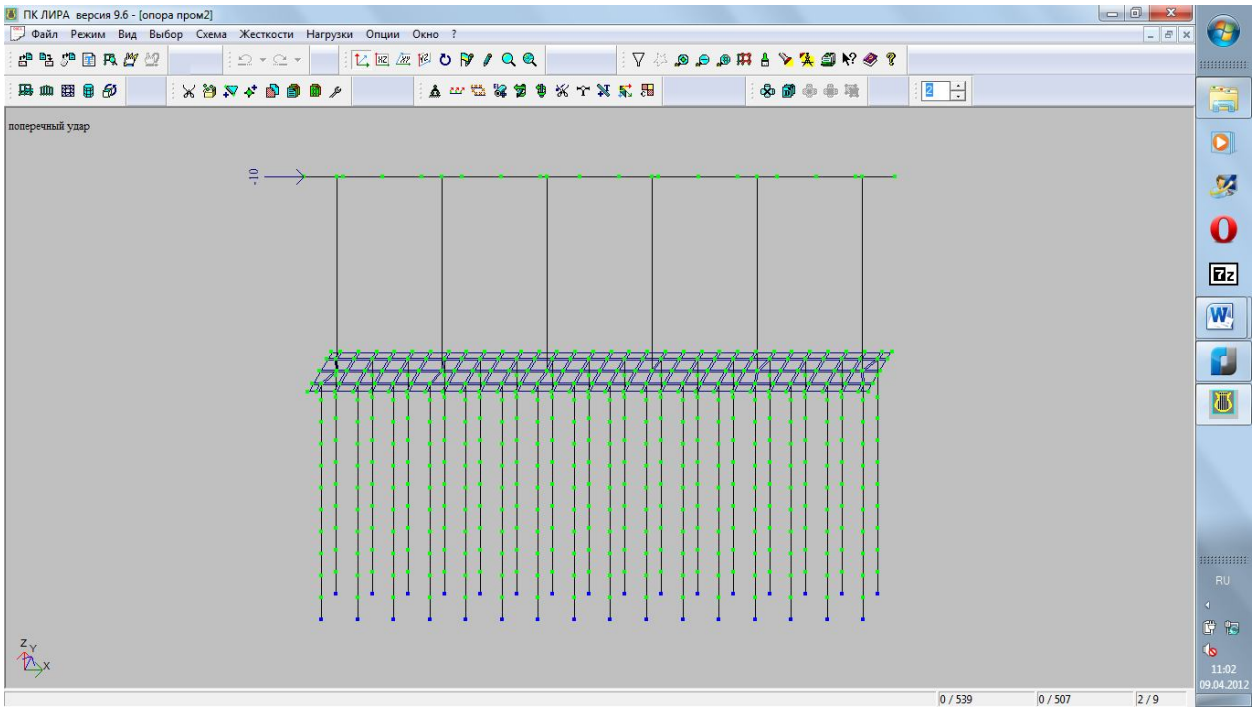

Рис. 23. … и во втором загружении – поперечный удар.

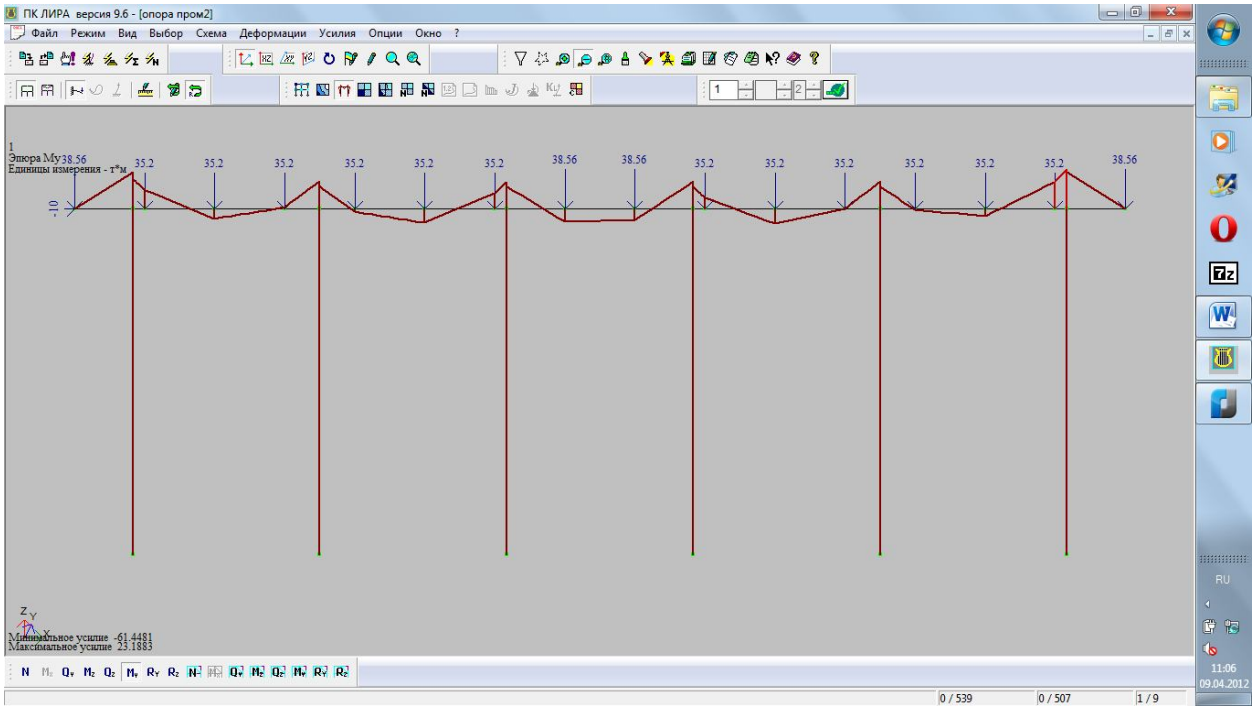

Рис.24. (здесь уже правильные опорные реакции от соб.веса балок). My – изгибающие моменты в ригеле от соб.веса и поперечного удара.

А. В. Козлов, Воронеж, 2014

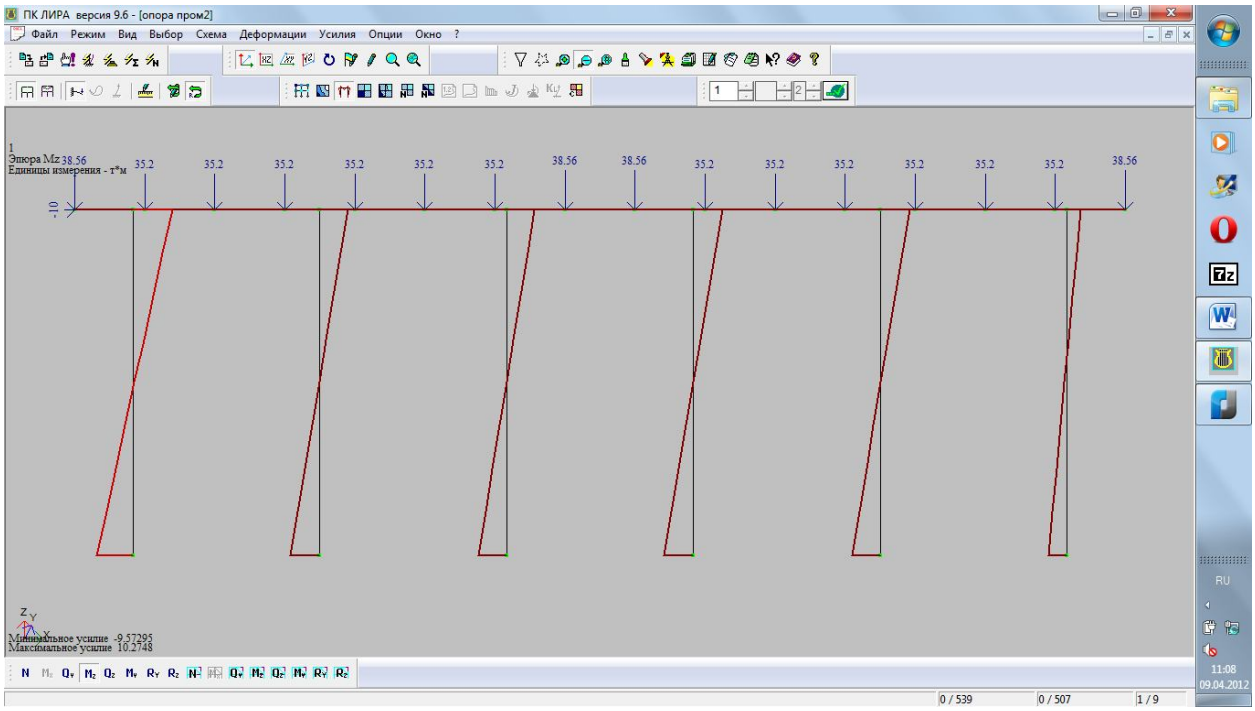

Рис.25. Mz – в стойках. Моменты находятся в одной плоскости (опоры), но т.к. мы поворачивали местные оси стоек, то, что в остальных элементах обозначается как My, в стойках обозначается как Mz.

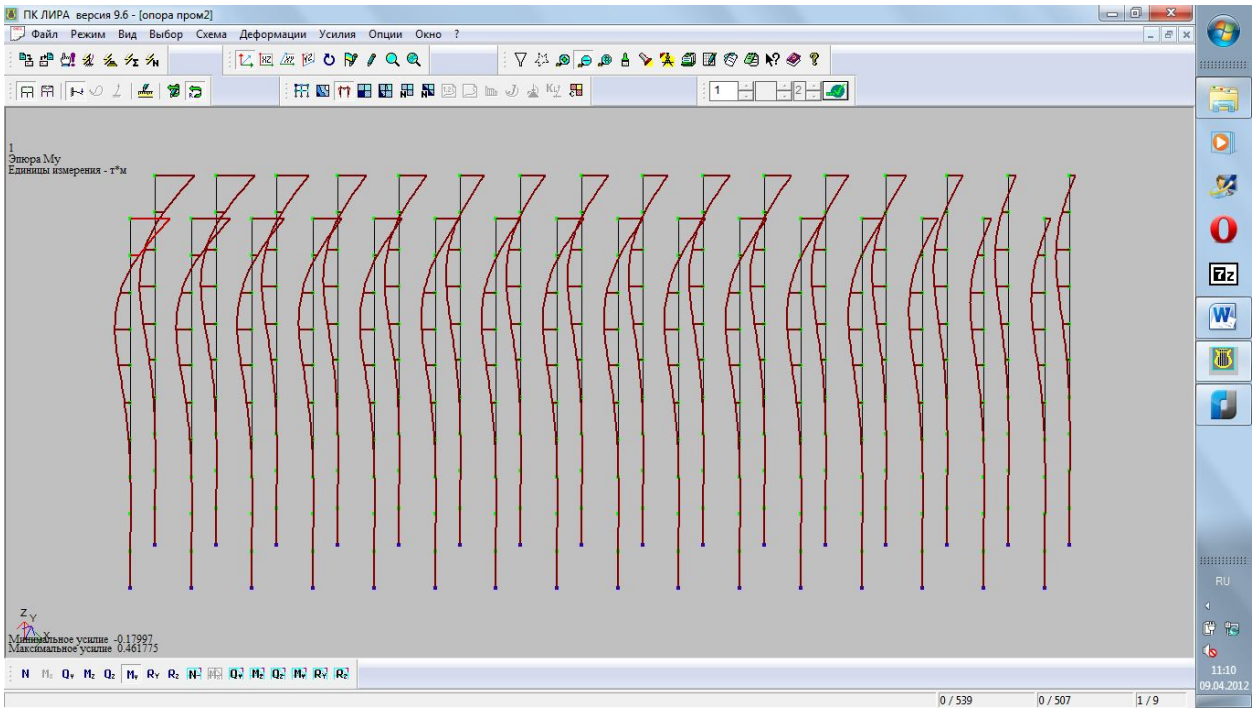

Рис.26. Изгибающие моменты в сваях.

Конец занятия 4.

А. В. Козлов, Воронеж, 2014