ООО «Строй-Тех»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Расчет и конструирование плитного фундамента жилого дома методом конечных элементов с использованием программ SCAD, ANSYS, ADAPT, ЛИРА

Шифр: 007-2007

Директор **Новичков А.Г.**

ГИП **Новичков Г.И.**

Пенза - 2007

Содержание

1. Общие данные…… . 3
2. Инженерно-геологические условия площадки строительства …… 3
3. Физико-механические свойства грунтов……. 9
4. Анализ результатов инженерно-геологических исследований ……... 9
5. Нагрузки на фундамент ……...…… 14
6. Выбор расчетной схемы основания ……. 14
7. Определение предварительных размеров фундамента …… 15
8. Численный расчет с использованием программы ANSYS …… 16
8.1. Расчетная схема естественного неоднородного основания …...……. 16
8.2. Фундаментная плита на естественном неоднородном основании ……. 18
8.2.1. Деформация плиты и основания ……. 20
8.2.2. Внутренние усилия в плите …….. 20
9. Расчет фундаментной плиты с использованием гипотезы линейно-деформируемого полупространства и приведенным модулем деформации ……23
10. Расчет с использованием гипотезы коэффициента постели …….26
10.1. Программа SCAD …… 26
10.2. Программа ADAPT…… 29
11. Выводы по результатам расчетов …… 32
12. Конструирование плиты …….. 34
Литература ……40
Приложения …… 42

Характеристика жилого дома: **1. Общие данные**

В соответствии с письмом за № 02-1/870 от 10.10.2006 г. и договором от _____ 2006 г. по заданию ООО «Управления капитального строительства «Камгэсэнергострой», ООО «Строй-Тех» выполнены расчеты и конструирование фундаментной плиты 10 этажного 70 квартирного жилого дома 4А-5 серии 10 (141) в 4А микрорайоне п.ГЭС г.Набережные Челны. Проект надземной части и нулевого цикла жилого дома разработан ОАО «Стройпроект» /1/.

1. Каркасно-панельный – поперечные несущие стены, железобетонные, шаг 6 м, 3 м. Перекрытие сборное из пустотелых плит, толщиной 220 мм.
2. Стены наружные – самонесущие. Наружный слой, лицевой кирпич. Внутренний слой – газобетон, плотностью 400 кг/м^3.

В данном разделе приведены результаты расчета и конструирования фундаментной плиты с использованием различных расчетных схем деформации грунтового основания.

2. Инженерно-геологические условия площадки строительства

В результате инженерно-геологических изысканий, выполненных в 2004 г. ОАО «Камский трест инженерно-строительных изысканий» /2/ на площадке строительства выделено 7 инженерно-геологических элементов (рис. 1).

ИГЭ-1а. Насыпной грунт - чернозем, перемешанный с песком и бытовым мусором. Распространен повсеместно при мощности 0,7-1,0 м.

ИГЭ-2в. Суглинок мягкопластичный, известковистый, коричневый. В границах рассматриваемого участка распространен только РГЭ-2в/2. Вскрыт Т.С.З. № 555/04 и 561/04 в интервалах глубин 13,1 – 15; 14,7-16,5 м при

мощности до 1,6 м. Находится в стабильном предельном мягкопластичном состоянии.

ИГЭ-2г. Суглинок текучепластичный, известковистый, коричневый. Вскрыт всеми выработками, за исключением Т.С.З. № 555/04, в интервалах глубин 13,3-13,7 м 15,1-18,5 м при мощности до 4,8 м. Находится в стабильном предельном текучепластичном состоянии.

ИГЭ-3а. Супесь непросадочная, твердая, известковистая, коричневая, с гнездами и тонкими прослойками песка. Вскрыта выработками №№ 555/04, 561/04 и 562/04 с глубины 0,7--1,7 м при мощности 1,2-2,0 м (РГЭ-3а/1).

В районе тез № 565/04 под влиянием инфильтрующейся с поверх ности влаги супесь РГЭ-3а/1 приобрела пластичную консистенци) (РГЭ-3б/1), но не достигла еще своего предельного текучего состояния, соответствующего ИГЭ-3в.

ИГЭ-3б. Супесь пластичная, известковистая, коричневая, с прослойками и линзами песка мощностью от 0,5 см до 1,0 м. Вскрыта в верхней части разреза с глубины 0,8-5,3 м при мощности, исключая линзы ИГЭ-4, 3,7-4,5 м (РГЭ-3б/1), а также в интервале глубин 11,9-12,9 м; 13,1-13,7 м при мощности 0,8-1,2 м и ниже глубины 14,7-18,7 м при вскрытой мощности 1,5-2,8 м (РГЭ-3б/2).

Супесь РГЭ-3б/1 при полном водонасыщении приобретает текучую консистенцию, т.е. перейдет в ИГЭ-3в.

Супесь РГЭ-3б/2 залегает ниже УПВ, находится в предельном стабильном пластичном состоянии. ИГЭ-3в. Супесь текучая, коричневая, с прослойками песка.

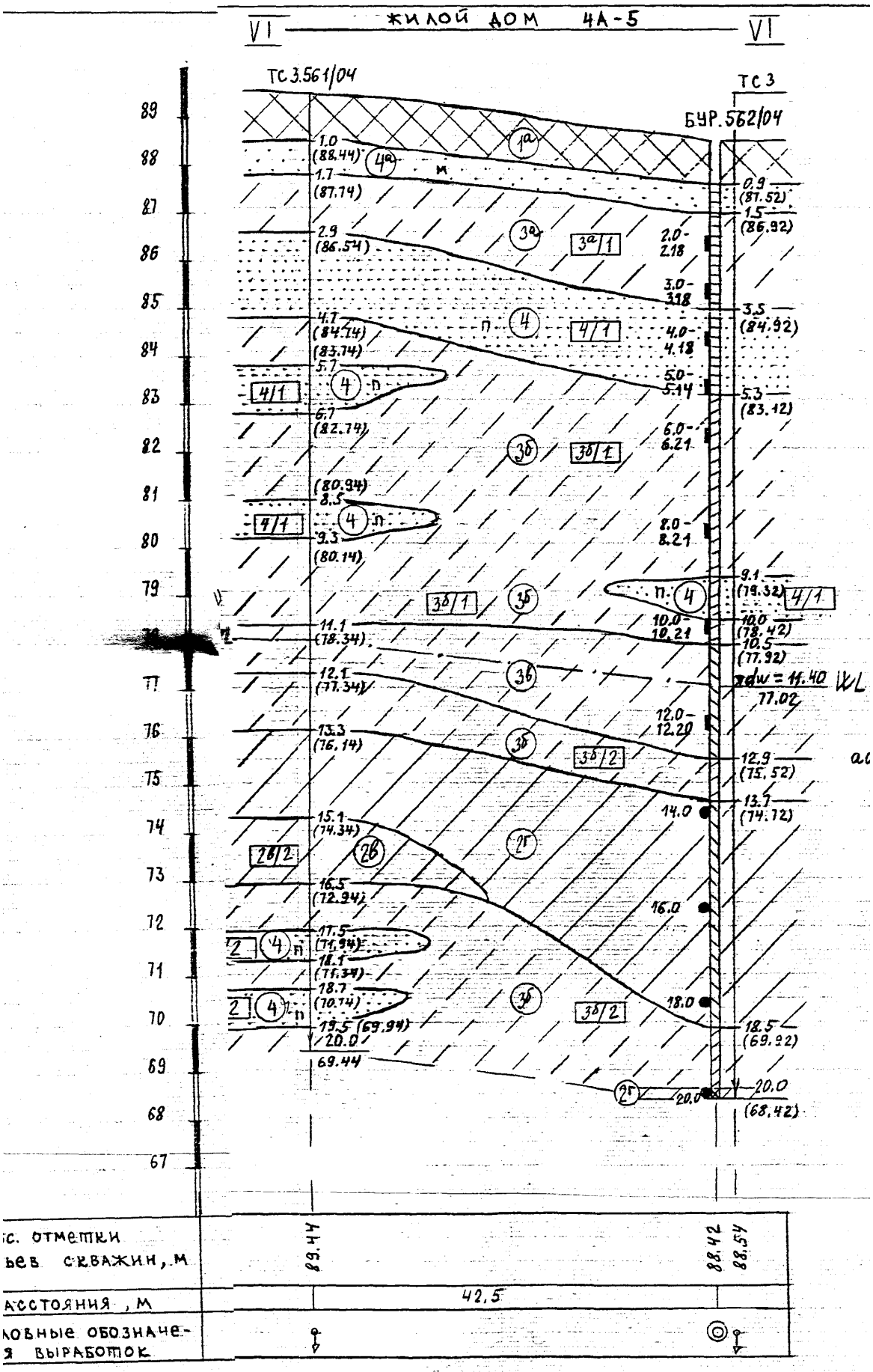


Рис. 1. Инженерно геологический разрез

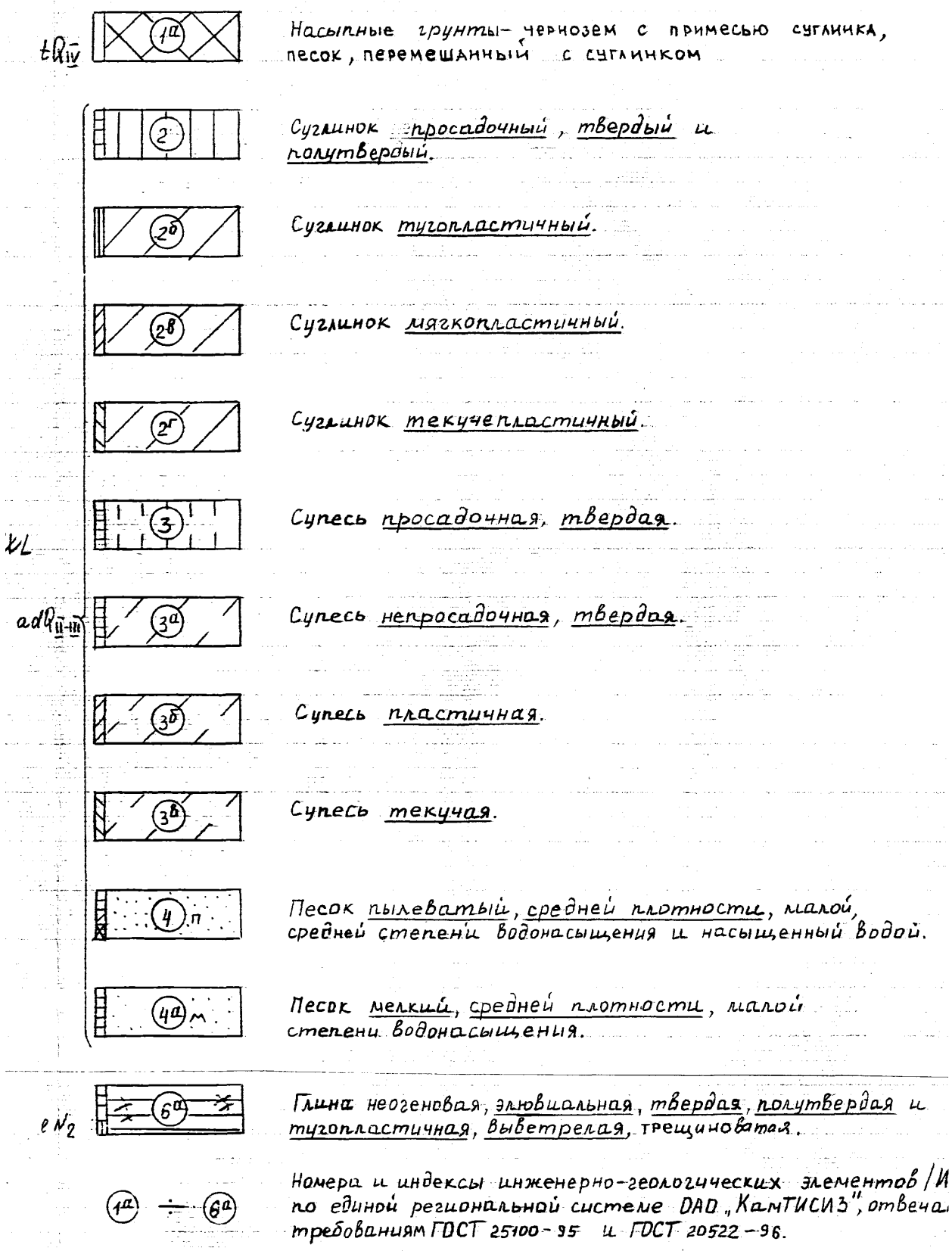


Рис. 2. Условные обозначения на разрезе VI-VI

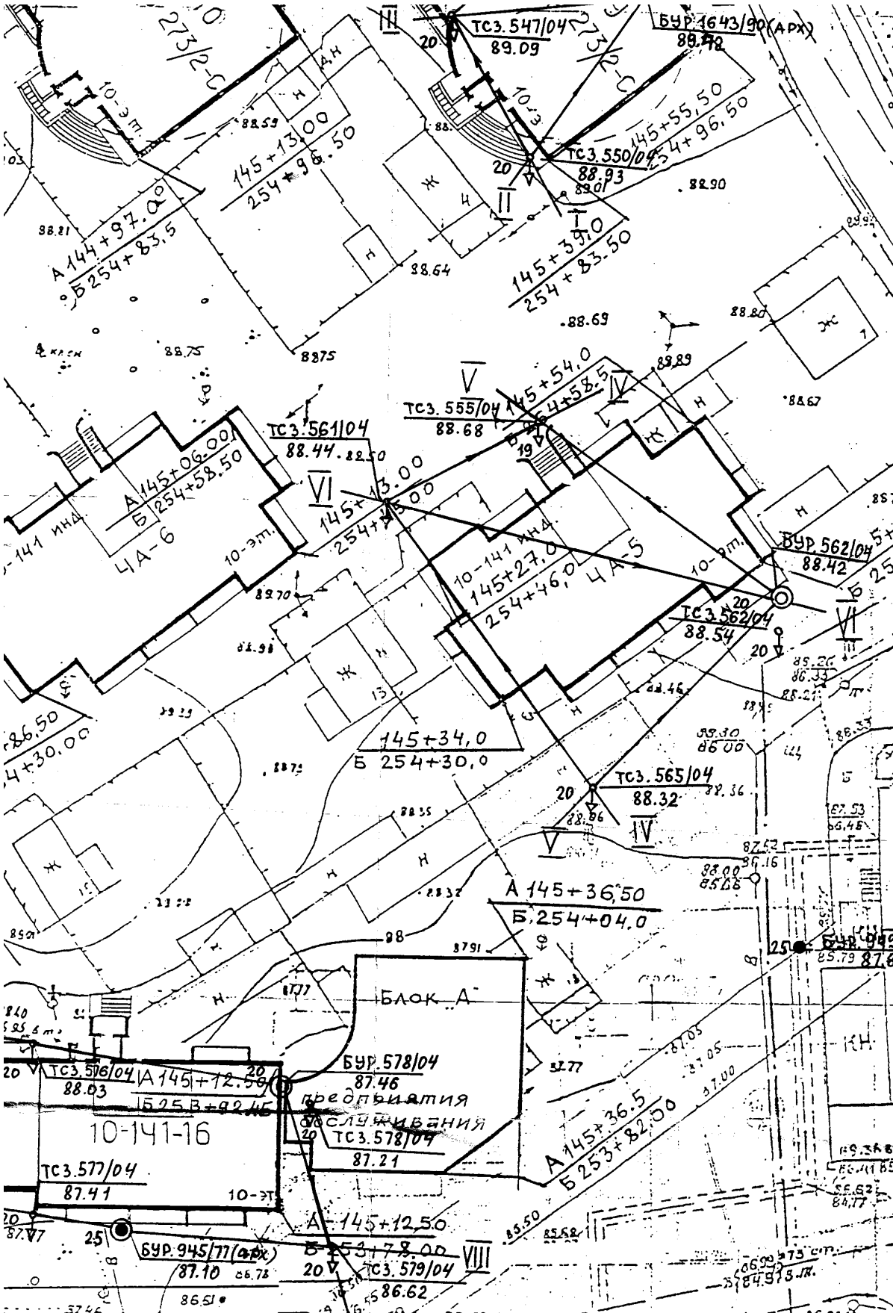


Рис. 3. Ситуационный план площадки района застройки с расположением скважин (БУР.) и точек зондирования (ТСЗ.)

Вскрыта в ТСЗ № 565/04 с глубины 4,9 м при мощности 7,8 м, в выработках №№ 555/04, 561/04 и 562/04 с глубины 10,5-11,1 м при мощности 0,8-1,0 м.Находится в стабильном предельном текучем состоянии.

ИГЭ-4. Песок пылеватый, средней плотности, не просадочный, малой, средней степени водонасыщения и насыщенный водой, коричневый, залегает в виде линз, прослоев и слоев в супесчаной толще.

Песок РГЭ-4/1 вскрыт всеми выработками в интервале глубин 2,9-4,5 ÷ 4,9-6,7 м при мощности от 0,4 до 2,8 м, а также в виде линз мощностью 0,8-0,9 м на глубине 8,3-9,1 м.

Песок РГЭ-4/2 вскрыт Т.С.З.№№ 555/04 и 561/04 в интервалах глубин 16,5-17,5 ÷ 17,5-18,1 и 18,5-18,7 ÷ 19,5-20,0 м при мощности 0,5-1,0 м.

ИГЭ-4а. Песок мелкий, средней плотности, малой степени водонасыщения, коричневый. Вскрыт только выработками №№ 561/04 и 562/04 с глубины 0,9--1,0 м при мощности 0,6-0,7 м.

Установившийся свободный уровень первого от дневной поверхности постоянного водоносного не напорного горизонта по состоянию на октябрь 2004 г. зафиксирован на глубине 9,6 – 11,4 м, на абс. отметках 78,90 – 77,0 м.

Водовмещающими породами являются суглинки от туго- до текучепластичной консистенции, супеси пластичные и текучие, песок пылеватый.

По совокупности природно-техногенных режимообразующих факторов рассматриваемая площадка строительства является потенциально подтопляемой, относится ко II типу, схеме природных условий – 1, классификационной группе предприятий «Г».

Уклон зеркала грунтовых вод направлен к долине р.Мелекеска, являющейся естественной дреной.

По результатам химического анализа, подземные воды являются слабоагрессивными по отношению к бетонам с нормальной водонепроницаемостью W_4.

3. Физико-механические свойства грунтов

Значения физико-механических характеристик приведены в приложении 1. В таблице приложения 1 /2/ приведены значения компрессионного модуля деформации, без пересчета на штамповый модуль деформации.

Результаты статического зондирования /2/ приведены в приложении 2, по точкам зондирования: ТСЗ 555/04, ТСЗ 561/04, ТСЗ 562/04.

Результаты параллельных исследований грунтов зондированием и лабораторными испытаниями образцов грунта /2/ приведены в приложении 4. Полученные нормативные значения удельных лобовых сопротивлений грунтов внедрению конуса зонда /2/ приведены в табл. 4, приложения 4.

В таблице приложения 5 приведены сравнительные нормативные значения деформационных и прочностных характеристик по результатам различных исследований на данной строительной площадке /2/.

4.Анализ результатов инженерно-геологических исследований

Для расчета основания по второй группе предельного состояния – по деформациям, необходимы значения деформационных характеристик грунта. Этими характеристиками (параметрами) являются модуль деформации и коэффициент Пуассона. В то же, время при определении расчетного сопротивления грунта, залегающего ниже подошвы фундамента необходимы прочностные параметры грунта: угол внутреннего трения и силы сцепления.

При расчете конечной осадки фундамента, формула (5.17) СП 50-101-2004 /3/ используется модуль деформации, который определяется для зданий I и II уровней ответственности из результатов лабораторных и полевых испытаний грунтов.

$$s = \beta \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_{e,i}}, \qquad (5.17)$$

В соответствии с СП 50-101-2004 п. 5.3.6 …..

5.3.6 В лабораторных условиях модули деформации глинистых грунтов могут быть определены в компрессионных приборах и приборах трехосного сжатия (ГОСТ 12248).

Для сооружений I и II уровней ответственности значения E по лабораторным данным должны уточняться на основе их сопоставления с результатами параллельно проводимых испытаний того же грунта штампами (см. 5.3.3). Для сооружений III уровня ответственности допускается определять значения E только по результатам компрессии, корректируя их с помощью повышающих коэффициентов m_k, приведенных в таблице 5.1. Эти коэффициенты распространяются на четвертичные глинистые грунты с показателем текучести $0 < I_L \leq 1$, при

В то же время, в СП 50-101-2004 п. 5.3.5 модули деформации, определенные путем статического зондирования должны корректироваться штамповыми испытаниями.

5.3.5 Модули деформации *E* песков и глинистых грунтов могут быть определены методом статического зондирования, а песков (кроме пылеватых водонасыщенных) — методом динамического зондирования (ГОСТ 19912).

Для сооружений I и II уровней ответственности значения *E* по данным зондирования должны уточняться на основе их сопоставления с результатами параллельно проводимых испытаний того же грунта штампами (см. 5.3.3). Для зданий и сооружений III уровня ответственности допускается определять значения *E* только по результатам зондирования, используя таблицы, приведенные в СП 11-105 (ч. I), или региональные таблицы, приведенные в территориальных строительных нормах.

Исходя из требований п. 5.3.5 и 5.3.6 выполненных инженерно-геологических изысканий недостаточно для выбора значений модуля деформации. В приложениях 3, 4, 5 приведены результаты определения модуля деформации путем лабораторных испытаний и испытаний статическим зондированием /2/. Испытания штампом не проводились. В связи с этим, корректива компрессионного модуля деформации и модуля деформация из статического зондирования также не выполнялась.

При определении модуля деформации из статических испытаний зондом, его значение рекомендуется определять /4/ с использованием значения сопротивления грунта под конусом (лобовое сопротивление), q_c, из выражений:

- суглинки и глины $E = 7q_c$; (1)

- пески $E = 3q_c$. (2)

Значения q_c приведены в приложении 2, 3, 4, заимствованные из отчета /2/.

В том случае, если штамповые испытания не проводились, то для определенного типа глинистых грунтов и сооружений III уровня ответственности допускается применять коэффициенты перехода m_k

«……

Для сооружений III уровня ответственности допускается определять значения E только по результатам компрессии, корректируя их с помощью повышающих коэффициентов m_k, приведенных в таблице 5.1. Эти коэффициенты распространяются на четвертичные глинистые грунты с показателем текучести $0 < I_L \leq 1$, при этом значения модуля деформации по компрессионным испытаниям следует вычислять в интервале давлений 0,1—0,2 МПа.

Таблица 5.1

Вид грунта	Значения коэффициента m_k при коэффициенте пористости e, равном					
	0,45—0,55	0,65	0,75	0,85	0,95	1,05
Супеси	4	3,5	3	2	—	—
Суглинки	5	4,5	4	3	2,5	2
Глины	—	6	6	5,5	5	4,5

Примечание — Для промежуточных значений e коэффициент m_k определяют интерполяцией.

…….»

для перехода от компрессионного модуля деформации к штамповому.

В табл. 1 приведено сравнение значений модуля деформации, используя результаты выполненных инженерно-геологических изысканий /2/.

Табл. 1

ИГЭ	Компрессионный модуль деформации (с водонасыщением) E_{sat}, МПа (прилож. 1)	Статическое зондирование (приложение 3) $E_{стат}$, МПа	Статическое зондирование (приложение 2. Среднее значение) $E_{стат}^{среднее}$,МПа	Штамповый модуль деформации $E_{шт}$, МПа	Показатель текучести I_L	Принятые, расчетные значения модуля деформации Е, МПа
1	2	3	4	5	6	7
4а	13,0	20,78	19,95		-	20,0
$3_{а/1}$	8,2	21,66	15,3/6,6	26,24 ($m_k = 3{,}2$)	<0	15,3
4	8,5	12,36	17,85		-	15,1
$3_{б/1}$	5,9	7,3	14,4/6,2	17,7 ($m_k = 3{,}0$)	0,17	16,05
3в	5,7	6,1	8,3/1,8		>1,0	6,1
$3_{б/2}$	6,8	8,13	15,6/10,5		1,0	8,13
2г	4,1	3,55	3,2		0,88	4,0
$3_{б/2}$	6,8	8,13	17,0/7,3		1,0	8,1

Примечание. 1. Значения $E_{стат}^{среднее}$ получены с использованием выражений (1, 2). Для супеси в числителе приведены значения по формуле (1), в знаменателе по формуле (2).

2. Значения штампового модуля деформации $E_{шт}$ получены с использованием коэффициента перехода m_k (табл. 5.1 /4/).

Как видно из табл. 1 значения компрессионного модуля деформации (колонка 2), за исключением ИГЭ 2г, менее значений найденных из статических испытаний (колонка 3, 4). Приведенные в колонке 5, значения штампового модуля деформации имеют справочный характер, так как получены с использованием табл. 5.1, для сооружений III уровня ответственности. Однако и эти значения модуля деформации более компрессионного модуля деформации.

Используя приложения 2-5 и полагая, что значения штампового модуля деформации, как правило, более компрессионного модуля деформации, в колонке 7 (табл. 1) приведены принятые в наших дальнейших расчетах значения модуля деформации. Для ИГЭ-2г расчетное значение модуля деформации принято равным компрессионному модулю деформации, так как и лабораторные и статические испытаний зондированием показывают практически одинаковые значения.

Значения коэффициента Пуассона в меньшей степени оказывают влияние на результаты расчетов деформации основания и деформации конструкции фундамента и могут быть определены из табл. 1.15 /4/. Для песка и супеси ν = 0,30; для суглинка ν = 0,35.

5. Нагрузки на фундамент

Приняты, из рабочего проекта /1/ и приведены в приложении 6.

6. Выбор расчетной схемы основания

Статический расчет фундаментной плиты выполнен с использованием трех расчетных схем основания.

1. Основание в виде неоднородного, слоистого линейно-деформируемого полупространства.

Эта расчетная схема используется для определения осадки фундаментной плиты.

Результаты расчетов приведены в разделе 8.2.

2. Основание в виде линейно-деформируемого полупространства /5/, с осредненными в пределах сжимаемого слоя Н коэффициентом Пуассона грунта и модуля деформации грунтов основания $E_{пр}$ с корректирующим множителем m_E, равным:

$$m_E = \omega'_{cp} / \omega_{cp,} \qquad (3)$$

где ω_{cp} - коэффициент, определяемый по табл. 13 /5/ в зависимости от отношения сторон фундамента $n = l/b$ и толщины сжимаемого слоя основания к полуширине фундамента $m' = 2H/b$; ω'_{cp} - коэффициент, определяемый по табл. 13 для $m' = \infty$ в зависимости от отношения сторон фундамента $n = l/b$.

Эта расчетная схема используется для определения внутренних усилий в фундаментной плите и последующего ее армирования.

Результаты расчетов приведены в разделе 9.

3. Основание (Винклера – Фусса), подчиняющееся гипотезе постоянного коэффициента постели /5/, с коэффициентом постели, определяемым по формуле

$$C_1 = \frac{P}{S_{cp}} = \frac{11291 / 912}{0{,}0447} = 276{,}96 \text{ т/м}^3, \qquad (4)$$

где P – среднее фактическое давление на грунт под подошвой фундамента; $S_{ср}$ – средняя осадка, определяемая по формуле (5.17) СП 50-101-2004.

Вычисление коэффициента постели выполнено с использованием программы SCAD, модуль КРОСС. Среднее значение коэффициента постели, равно 267,59 т/м^3 (приложение 1). Как видим, это значение практически равно значению, найденного из выражения (2), так как в знаменателе находится величина средней осадки, определенная по модулю КРОСС.

Результаты расчетов с использованием программ SCAD и ADAPT приведены в разделе 10.

7. Определение предварительных размеров фундамента

Для варианта фундамента в виде плиты размером в плане 24х38 м среднее давление на грунт основания равно P = 123,80 кПа. Вес надземных конструкций (приложение 6) равен 9239 тн, собственный вес плиты, толщиной 900 мм, равен 2052 тн. Полна нормативная нагрузка, равна 11291 тн. Абсолютная отметка заложения подошвы плиты – 87,01 м (- 3,490). Отметка дневной поверхности 89,60 м. Глубина заложения – 2,59 м.

Определим расчетное сопротивление грунта при ширине подошвы b = 24 м. При этом используются прочностные характеристики ИГЭ-3а ($\varphi = 20^0$, c = 4 кПа) и учитывается прогнозируемое снижение удельного веса грунта при возможном повышении уровня грунтовых вод:

R=(1,1х1,0/1,0)[0,51х0,53х24,0х9,6+3,06х2,59х9,6+ 5,66х4,0] = 177,08 кПа.

Условие P < R , удовлетворяется.

В связи с тем, что определяющим является осадка фундамента, найдем ее для плитного фундамента по расчетной схеме линейно деформируемого полупространства с использованием программы SCAD, модуль КРОСС. Среднее значение осадки равно 4,47 см (приложение 7), что менее предельного значения в 12 см (см. табл. Е.1, приложения Е /3/).

Расчет осадки жесткого фундамента выполним с использованием метода послойного суммирования с расчетной схемой в виде линейно деформируемого полпространства /3/. Расчетная схема приведена на рис. 4. С целью упрощения, дополнительные напряжения и напряжения от собственного веса грунта определялись только на границах ИГЭ.

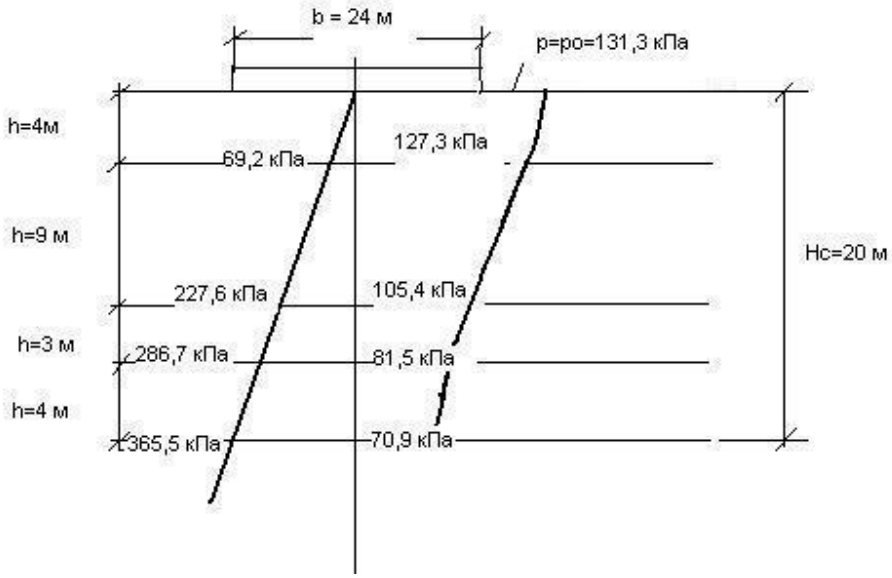


Рис. 4. К расчету предварительной осадки фундаментной плиты

Осадку находим из выражения:

$$s = \beta \sum_{i=1}^{n} \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_i} = 27{,}11 \text{ см.} \qquad (5)$$

Как видим это значение, оказалось значительно больше осадки, найденной методом КРОСС, несмотря на то, что в обоих случаях используется схема линейно-деформируемого полупространства.

8. Численный расчет с использованием программы ANSYS

Представленные ниже расчеты этого раздела выполнены с использованием программы «ANSYS 9,0» (www.cadfem.ru), которая основана на методе конечных элементов. Задачи решались в трехмерной постановке. Расчеты выполнены с использованием двух схем: неоднородного и условно однородного основания. В первом случае, оценивается осадка фундамента и прогиб плиты. Во втором случае, определяются внутренние усилия, которые используются при конструировании фундаментной плиты. Эта, методика двойного расчета приведена в /5/ и была введена рекомендациями с целью приближения расчетных значений внутренних усилий к наблюдаемым на практике.

8.1. Расчетная схема естественного неоднородного основания

Расчет деформаций основания и внутренних усилий в плите фундамента выполнен, как для линейно-деформируемого полупространства с глубиной

сжимаемой толщи H_c = 20 м. Глубина сжимаемой толщи принята равной максимальной глубине инженерно-геологических исследований (см. рис. 1).

Если исходить из требования выполнения условия $\sigma_{zp} = 0{,}2\sigma_{zg}$, то граница сжимаемой толщи находится также на этой глубине. С другой стороны, известно, что если дополнительные напряжения менее давления предварительного уплотнения (близкое, к структурной прочности), то сжатие грунта отсутствует. Однако при проведении инженерно-геологических исследований давление предварительного уплотнения не определялось, но для нашей задачи можно использовать результаты компрессионных испытаний грунтов на этой глубине. Например, для скважины № 578 на глубине 16 м относительная деформация образца грунта при давлении в 100 кПа составила 0,024, а на глубине 20 м при давлении 50 кПа – 0,012. Для скважины № 562 в отчете не приведены результаты компрессионных испытаний на глубине более 12 м, а на этой глубине относительная деформация равна 0,021 при давлении в 100 кПа. Если значение относительной деформации, равное 0,012 умножить на мощность слоя в 4 м (дополнительно к 16 м), то ожидаемая дополнительная компрессионная осадка составит 4,8 см. Фактически, увеличивая сжимаемую толщу на 4 м (до 20 м) мы получаем осадку больше на несколько см, но не десятков см.

В расчетах приняты следующие условия.

1. Основание является линейно-деформируемой средой. Все напряжения и деформации определяются как для линейно-деформируемого полупространства. Деформационные свойства среды определены модулем деформации и коэффициентом Пуассона слоев грунта (см. рис. 1, 4, табл. 1). Так как давление под подошвой фундамента менее расчетного сопротивления грунта, то при определении деформаций возникновение и развитие пластических деформаций не учитывается. Решение проводится по «упругой схеме».

2. На поверхности контакта фундамента с грунтом приняты условия полного «слипания». Касательные напряжения отсутствуют.

3. Размеры расчетной области – массива грунта приняты из условия: глубина - равна значению мощности сжимаемой толщи, 20 м; ширина и длина расчетного массива грунта более ширины и длины фундамента на 15 м, с каждой из сторон фундамента.

4. Нагрузка на фундамент равномерная погонная (см. приложение 6).

5. Материал фундамента, бетон класс В20 с модулем упругости Е = 23500 МПа, коэффициент Пуассона ν = 0,1.

6. Неоднородность основания учтена введением мощности различных ИГЭ в соответствии с рис. 1, 5.

8.2. Фундаментная плита на естественном неоднородном основании

Предлагаемый вариант фундаментов в виде сплошной железобетонной плиты размером в плане 24х38 м, заложен на отметке 87,01 м. Под плитой находится неоднородное основание (см. рис. 1).

Аппроксимацию грунтов основания выполнена с использованием конечных элементов SOLID45, а фундамента – конечными плитными элементами SHELL43. Во всех нижеприведенных расчетах конечные элементы приняты размером 0,5х0,5 х0,5 м для SOLID45 и размером 0,5х0,5 м для плитных элементов SHELL43.

Размеры расчетного массива грунта: длина – 68 м; ширина – 52 м; глубина – 20 м. Размер плиты 24х38 м, толщина 0,9 м.

Количество плитных элементов - 3647, количество конечных элементов массива основания – 70720.

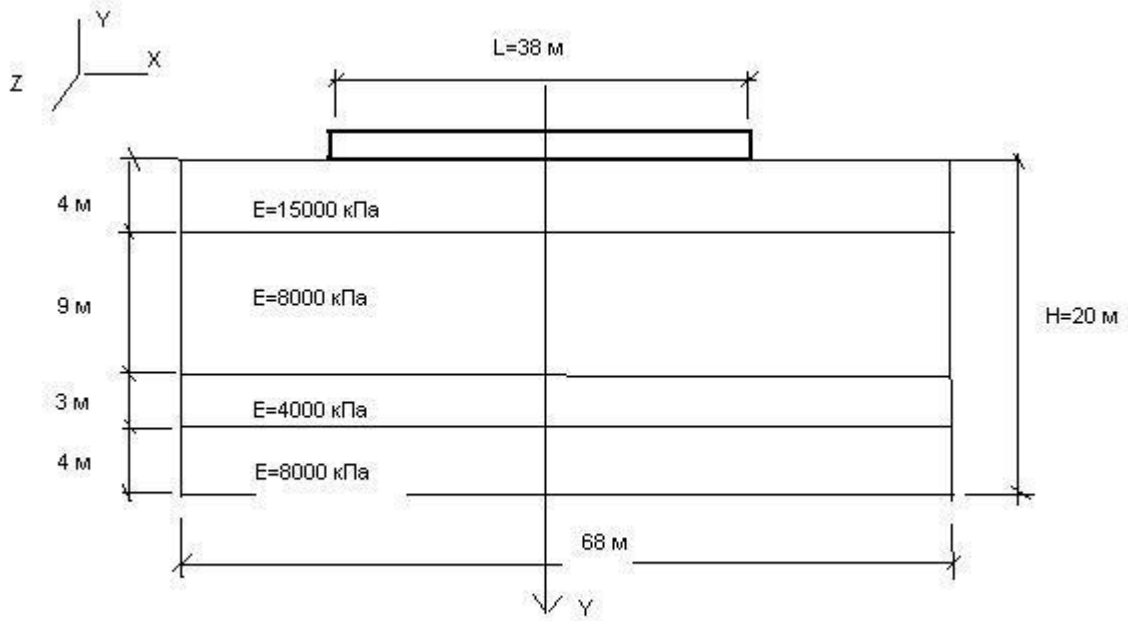


Рис. 5. Расчетная схема основания

Результаты расчетов приведены на рис. 6, 7.

Максимальная осадка (рис. 6) в центре плиты равна 17,75 см. На краях плиты она изменяется от 3 см до 14 см.

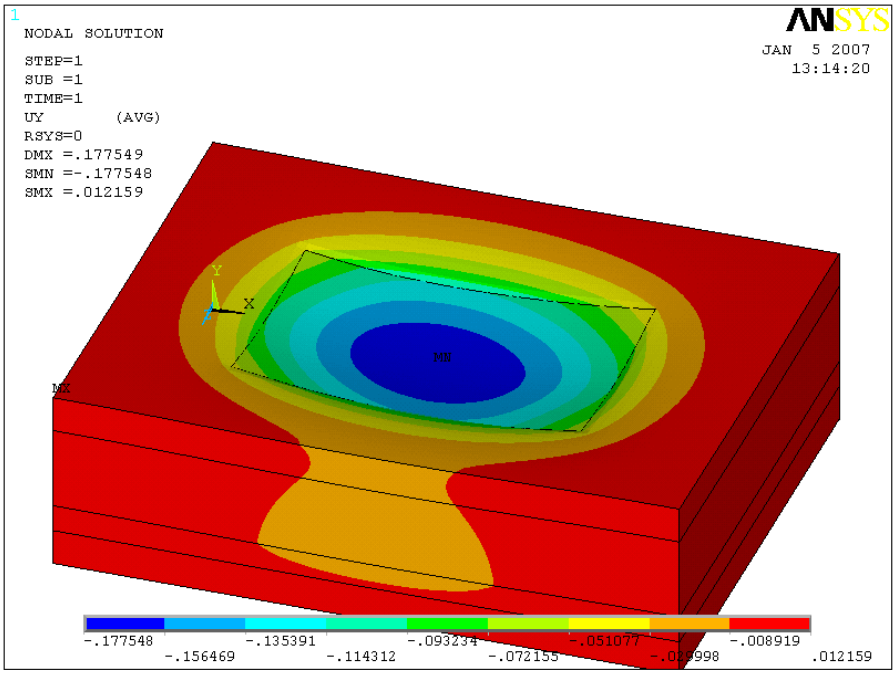


Рис. 6. Деформация массива грунта и фундаментной плиты

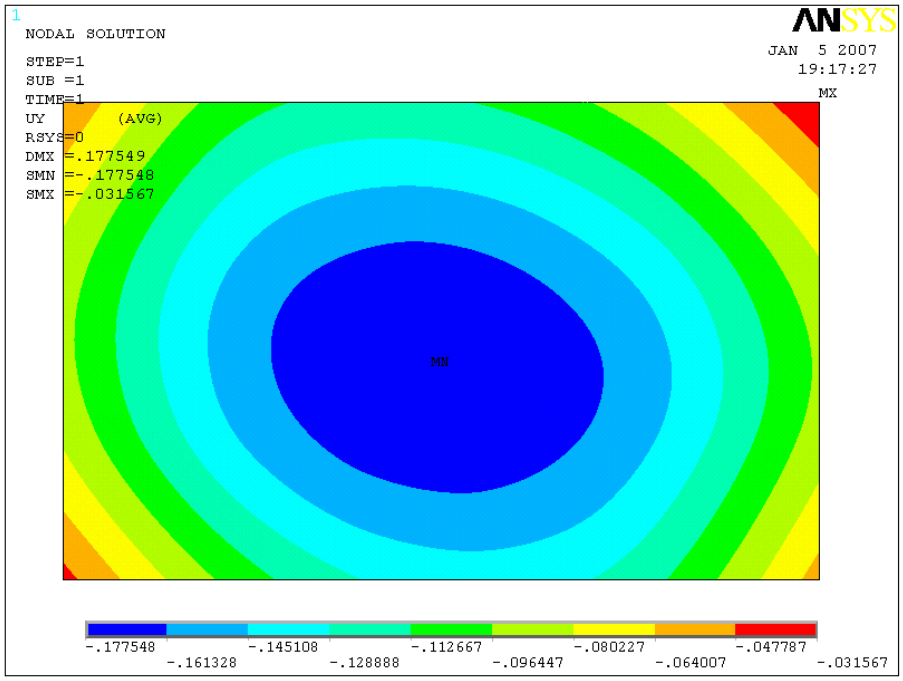


Рис. 7. Прогиб/осадка фундаментной плиты

8.2.1. Деформация плиты и основания

Крен фундамента

Это разность осадок крайних точек фундамента, отнесенная к ширине или длине фундамента.

Крен фундамента в продольном направлении плиты отсутствует, в поперечном направлении равен (14,51 – 12,88)/2400 = 0,000679, что мене предельно допустимого, равного 0,005 /3/.

Средняя осадка фундамента

Средняя осадка фундаментой плиты определена как сумма осадок 3647 элементов плиты размером 0,5х0,5 отнесенная к их количеству и равна: 473,728/3647 = 0,129 м, что более допустимого значения в 10 см на 29%.

Относительная разность осадок

Определяется, как правило, для отдельно стоящих фундаментов (ленточных или столбчатых), но может быть найдена и для плитного фундамента, если за расстояние между фундаментами принять расстояние между стенами подвала.

Относительная разность осадок /9/ соседних осей несущих стен, например осей 7 и 9, составляет: (17,77 – 16,13)/600 = 0,0027, что практически равно нормируемому значению - 0,0025 /9/. Относительная разность осадок осей 7 и 9 составит: (16,13 – 14,51)/600 = 0,0027, т.е оказывается равной предыдущей.

8.2.2. Внутренние усилия в плите

На рис. 8 приведены обозначения и направления действия внутренних усилий в конечном элементе SHELL43. Мх, Му – моменты по направлению осей Х,У; Мху – крутящий момент; NX и NY – поперечная сила по направлению осей Х,У. Ось Х совпадает с направлением длинной стороны плиты, а ось У – короткой стороны плиты. Значения данных усилий приведены на рис. 9, 10, 11 и рассматриваются как оценочные, полученные из расчета плиты на неоднородном основании.

Figure 43.2 SHELL43 Stress Output

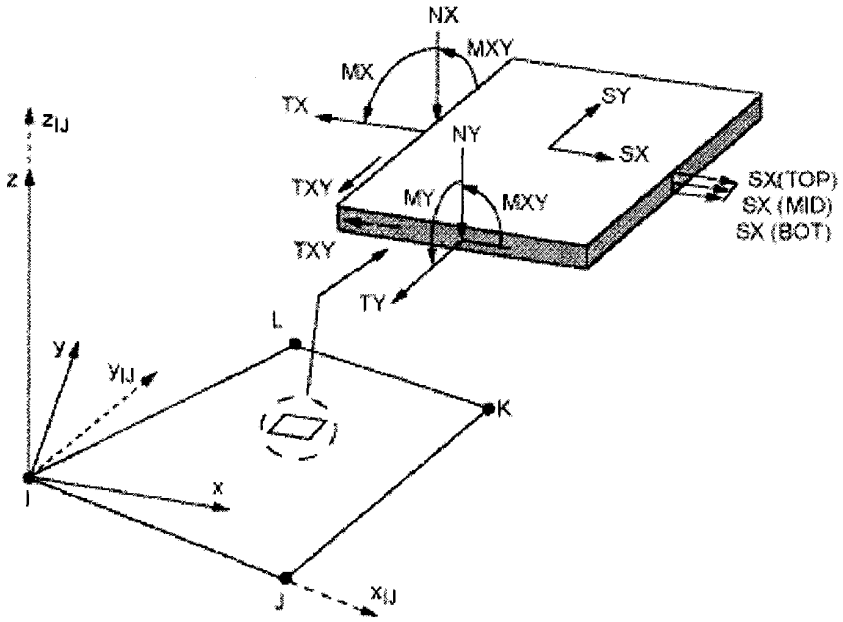


Рис. 8. Система координат и направление внутренних усилий

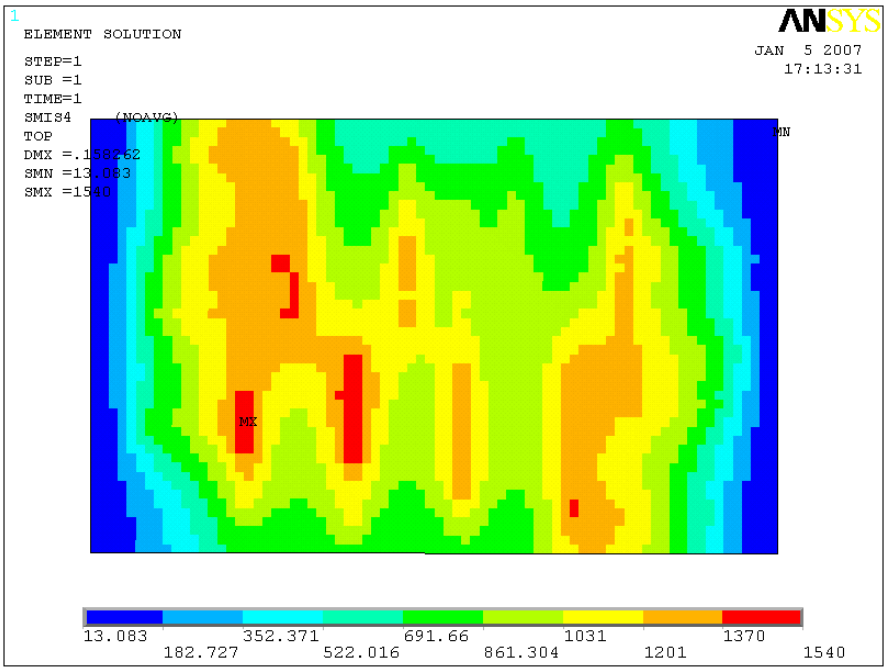


Рис. 9. Момент M_x

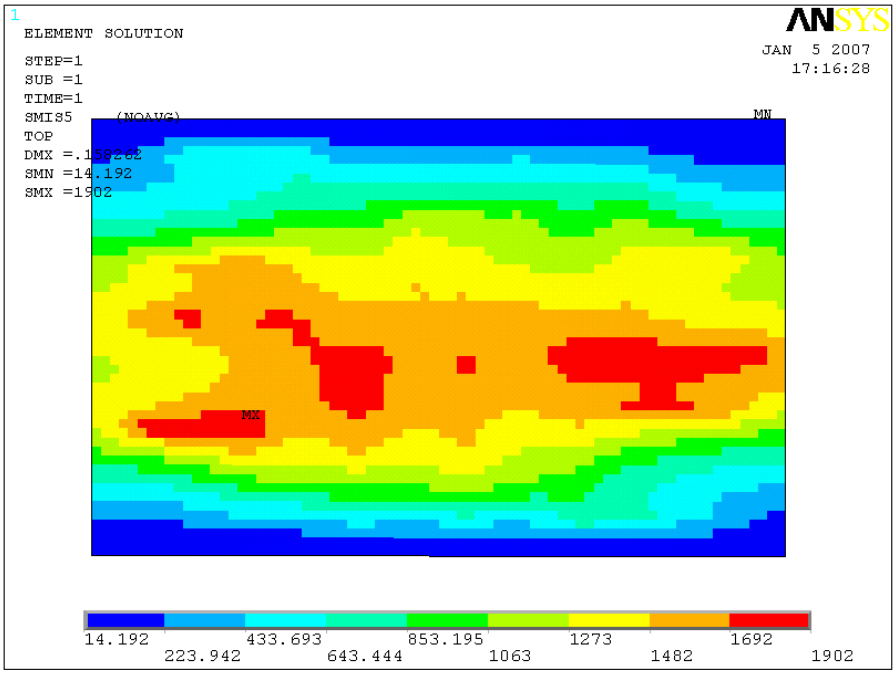


Рис. 10. Момент M_y

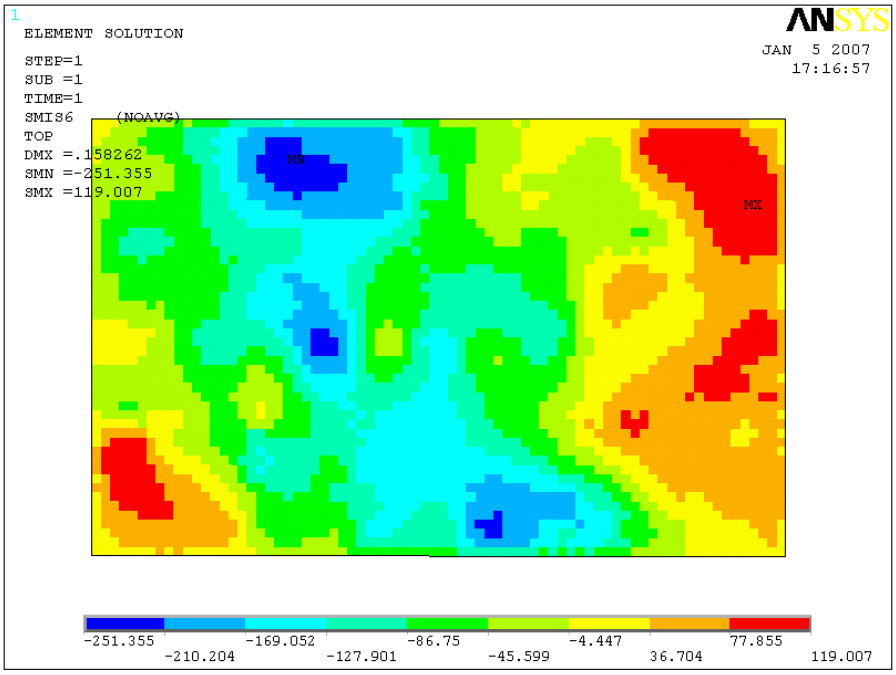


Рис. 11. Крутящий момент M_{xy}

9.Расчет фундаментной плиты с использованием гипотезы линейно-деформируемого полупространства и приведенным модулем деформации

При расчете осадки методом элементарного послойного суммирования (см. раздел 7) получена сжимаемая толща грунтового основания мощностью, H_c= 20,0 м.

Используя рис. 6 /5/ при найденном значении H_c и отношении сторон фундамента $n = l/b$ = 38/24 = 1,58 находим толщину сжимаемого слоя H = 22,05 м. Используя табл. 13 /5/ определяем корректирующий множитель m_E = 1,3/0,645 = 2,01.

Модуль деформации грунтов основания $E_{пр}$, приведенный в пределах сжимаемой толщи H_c, находим из выражения

$$E_{пр} = \frac{\sum h_i \sigma_i}{\sum (h_i \sigma_{i|} / E_i)} = \frac{4x129{,}3 + 9x116{,}3 + 3x93{,}4 + 4x76{,}18}{\frac{4x129{,}3}{15000} + \frac{9x116{,}3}{8000} + \frac{3x93{,}4}{4000} + \frac{4x76{,}18}{8000}} = 7900{,}07 \text{ кПа}, \qquad (6)$$

где: h_i - толщина i-го слоя грунта; E_i - модуль деформации данного слоя; σ_i - среднее значение нормальных напряжений для данного слоя.

Используя выражение (3) находим $E_{пр}$ = 7900 кПа.

Расчетное значение модуля деформации E = $E_{пр}$ m_E = 15879 кПа.

Расчет фундаментной плиты на «условно однородном» (E = 15879 кПа) основании выполнен с использованием программы ANSYS. Аппроксимация грунтов основания выполнена с использованием конечных элементов SOLID45, а фундамента – конечными плитными элементами SHELL43. Выбранные конечные элементы допускают упругое и упруго-пластическое поведение грунта основания и бетона конструкции фундамента. В данной работе решение проведено по упругой схеме. Результаты расчетов приведены на рис. 12 - 16.

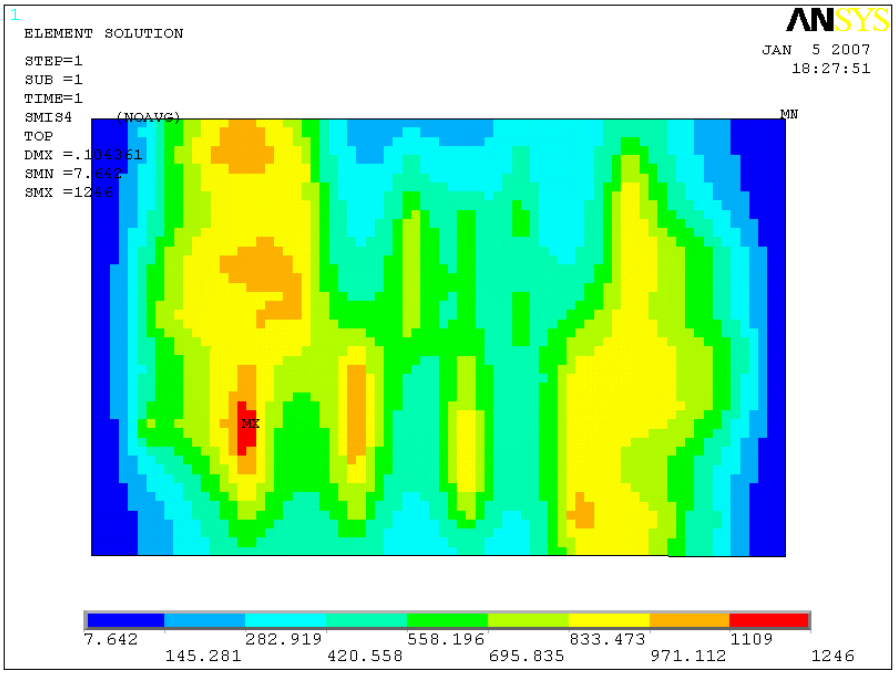


Рис. 12. Момент M_x

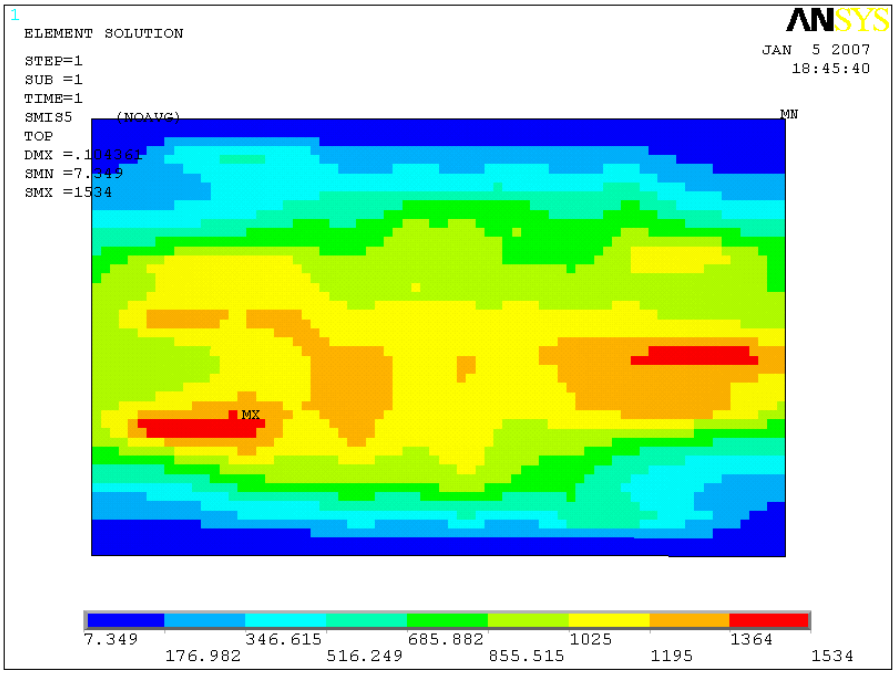


Рис. 13. Момент M_y

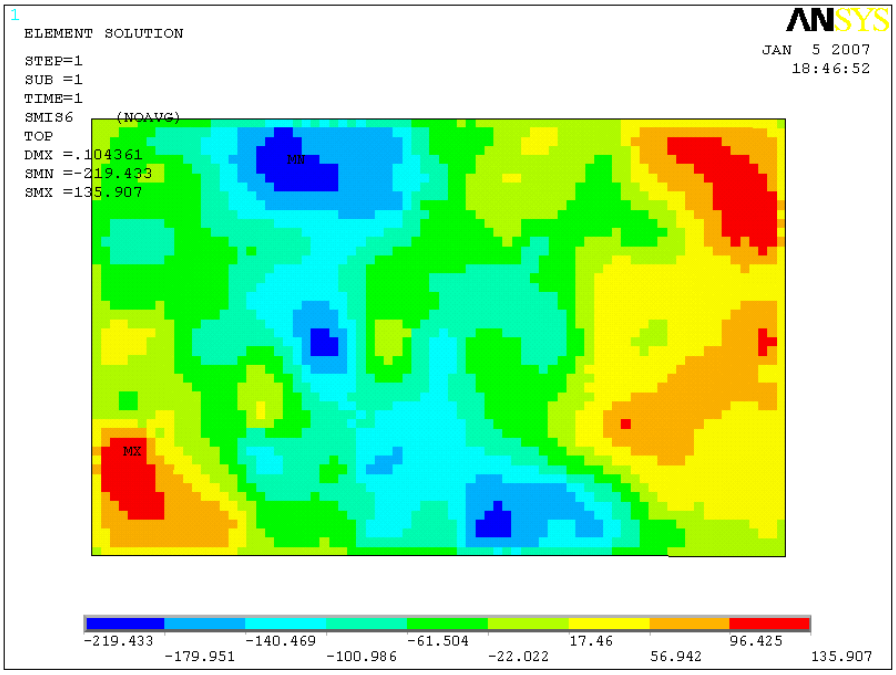


Рис. 14. Крутящий момент M_{xy}

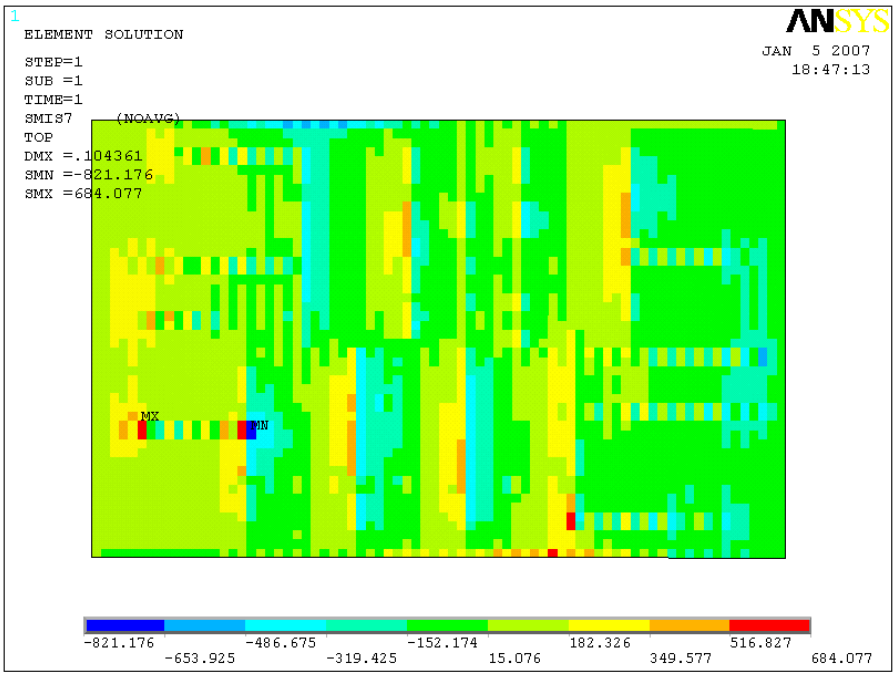


Рис. 15. Поперечная сила Q_x

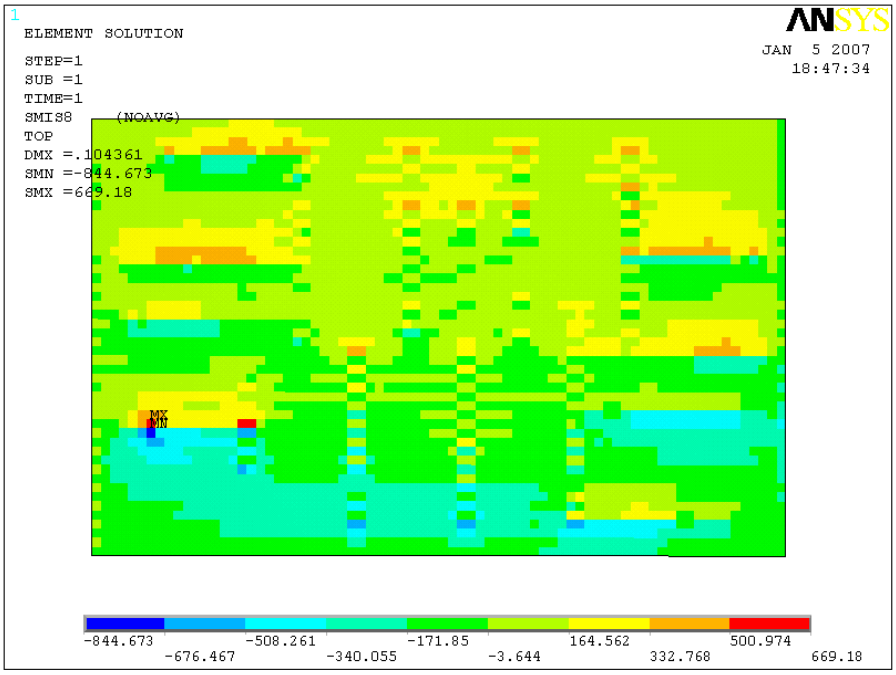


Рис. 16. Поперечная сила Q_y

Полученные значения внутренних усилий (рис. 12-16) использованы в дальнейшем при конструировании фундаментной плиты. Если сравнить значения внутренних усилий, которые получены на неоднородном основании (см. табл. 2) и на условно однородном основании, то можно сделать вывод, что во втором случае значения оказываются менее, примерно на 20%.

В руководстве /5/ рекомендуется использовать при конструировании плиты значения внутренних усилий, полученные для условно однородного основания. Это было сделано из-за того, что измеряемые внутренние усилия оказывались значительно ниже расчетных для неоднородного основания, что в результате приводило к переармированию фундаментных плит.

10.Расчет с использованием гипотезы коэффициента постели

10.1. Программа SCAD

Статический расчет фундаментной плиты выполнен с использованием программы Structure CAD /3/. Значение коэффициента постели определено с использованием модуля КРОСС, среднее значение равно 267,59 тс/м^3.

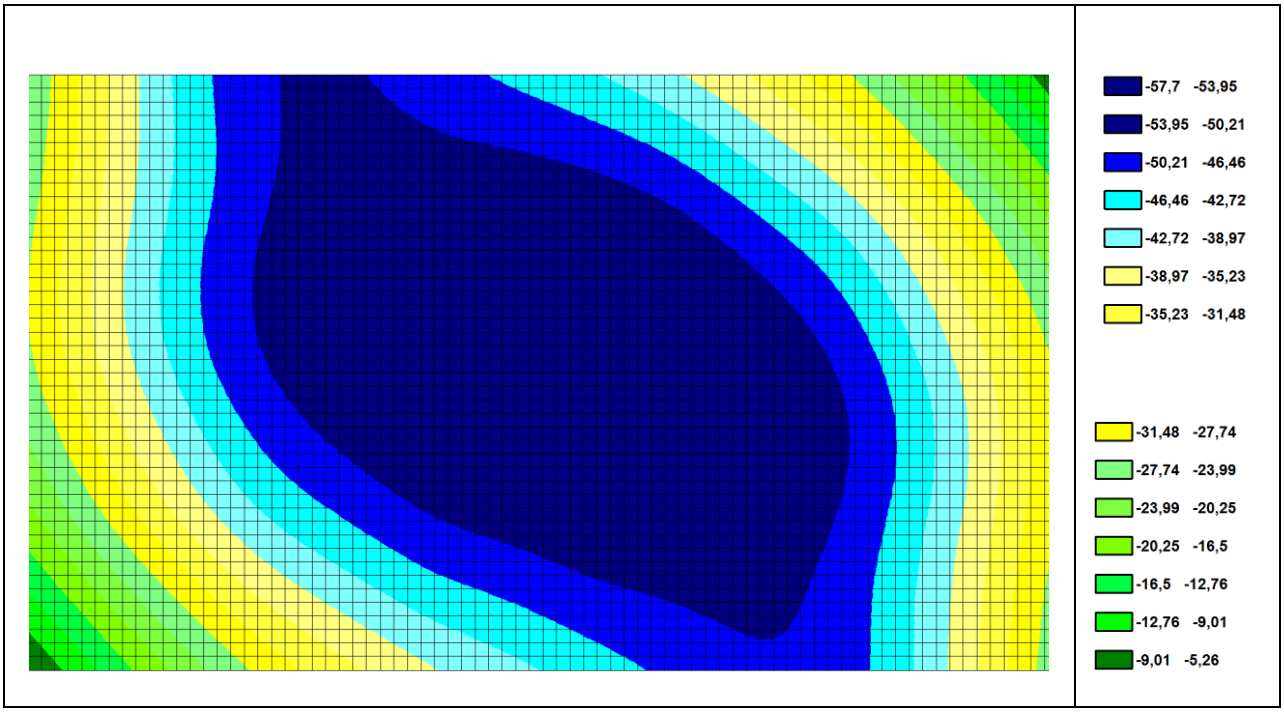


Рис. 17. Осадка/прогиб фундаментной плиты

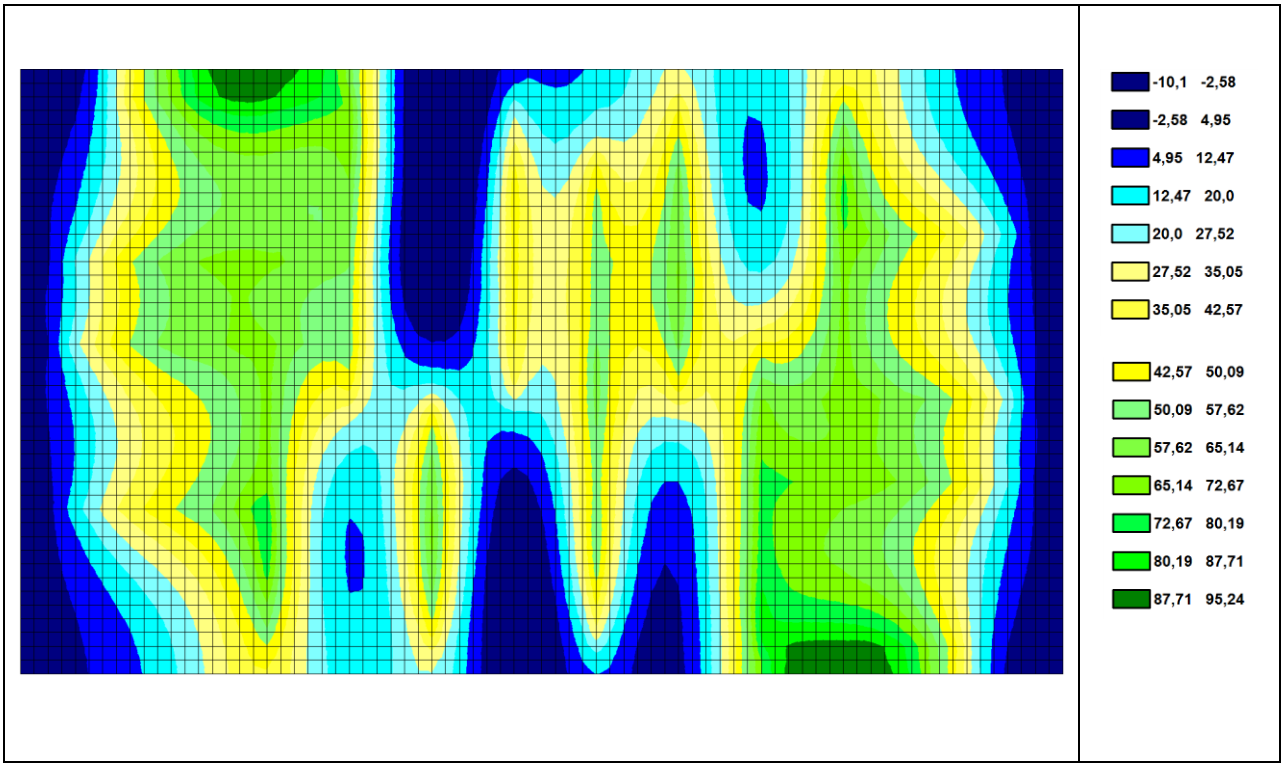


Рис. 18. Момент M_x

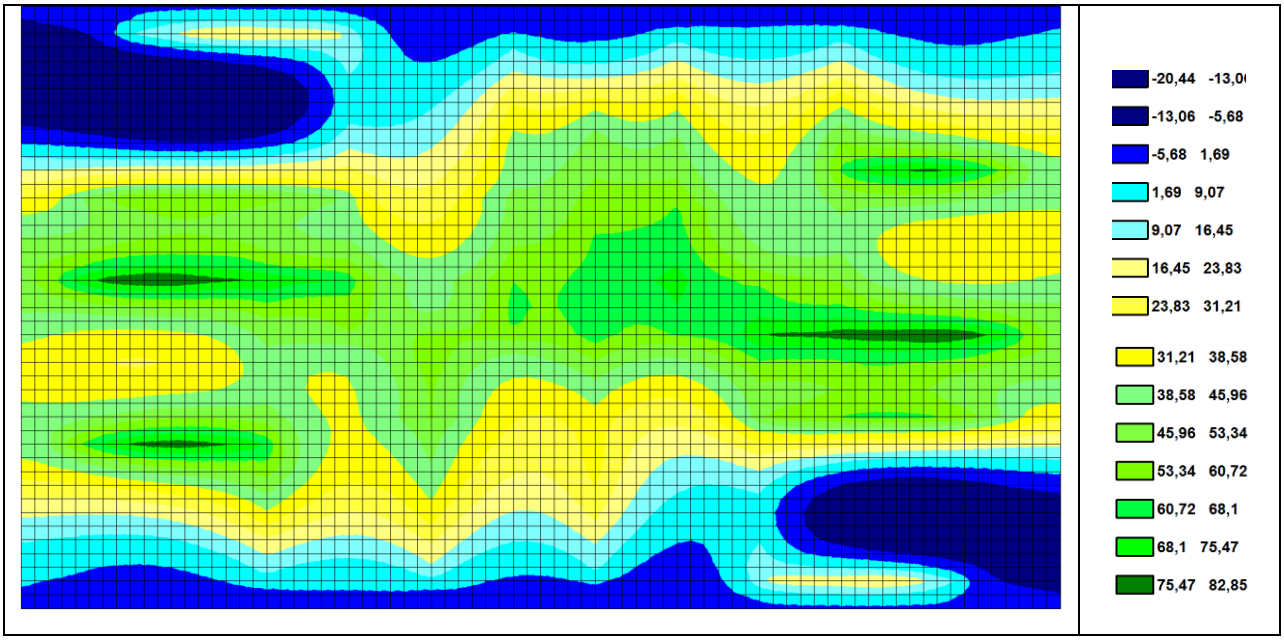


Рис. 19. Момент M_y

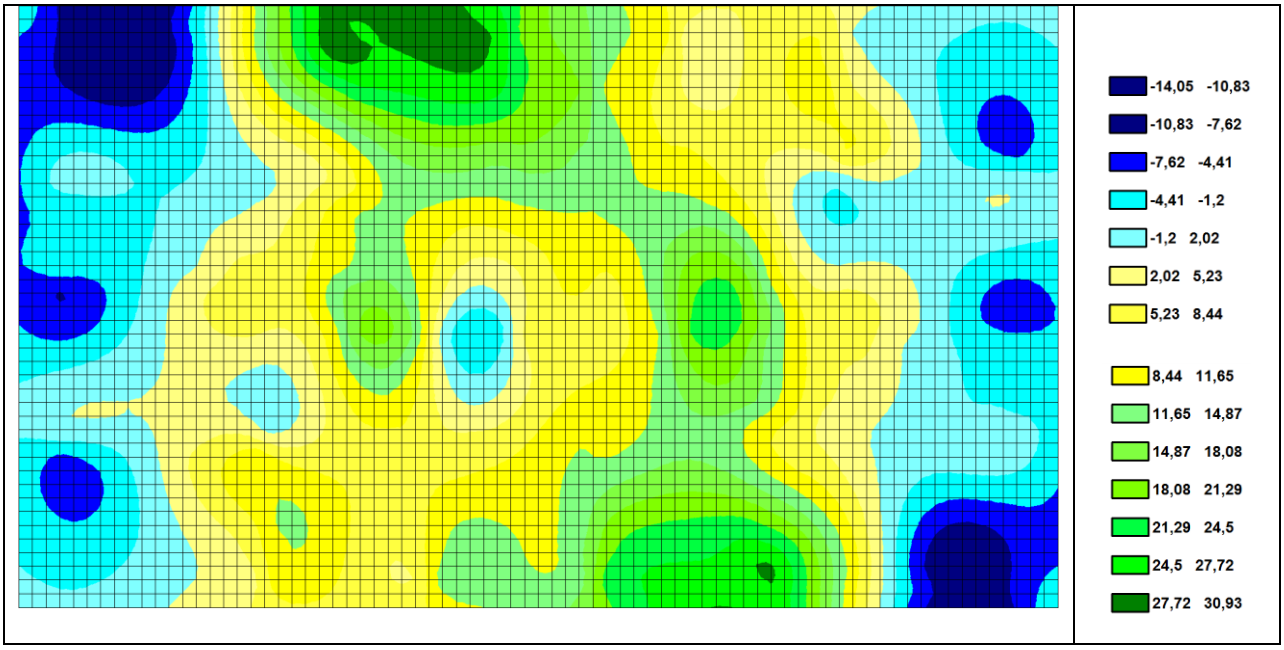


Рис. 20. Крутящий момент M_{xy}

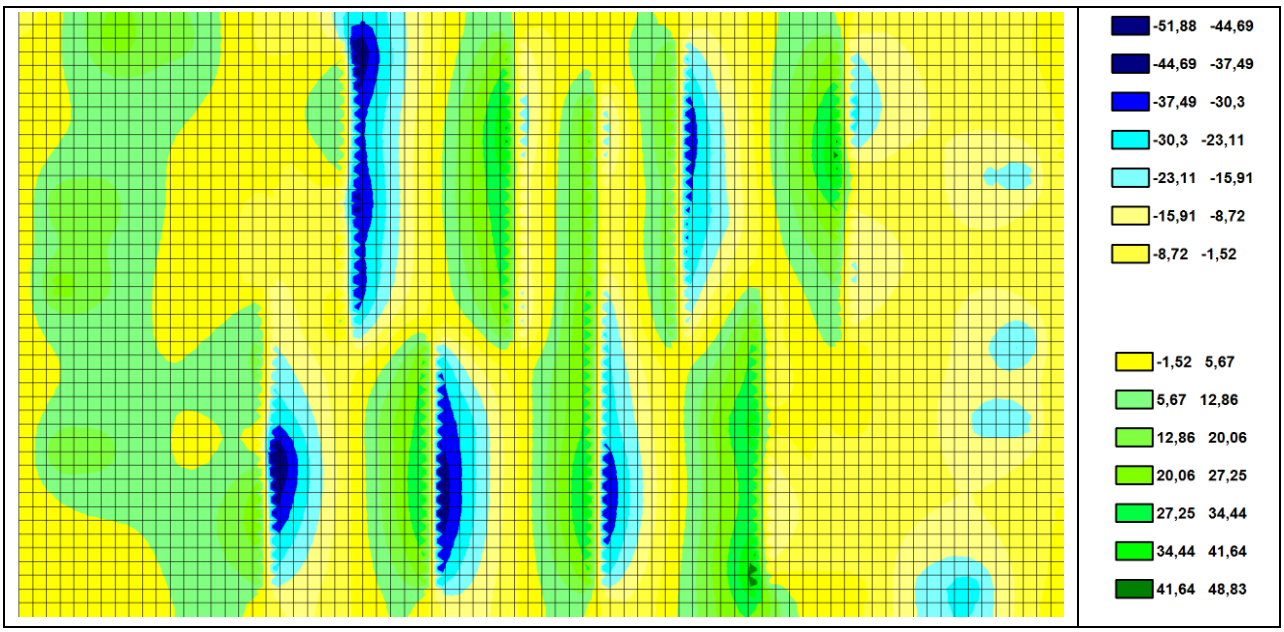


Рис. 21. Поперечная сила Q_x

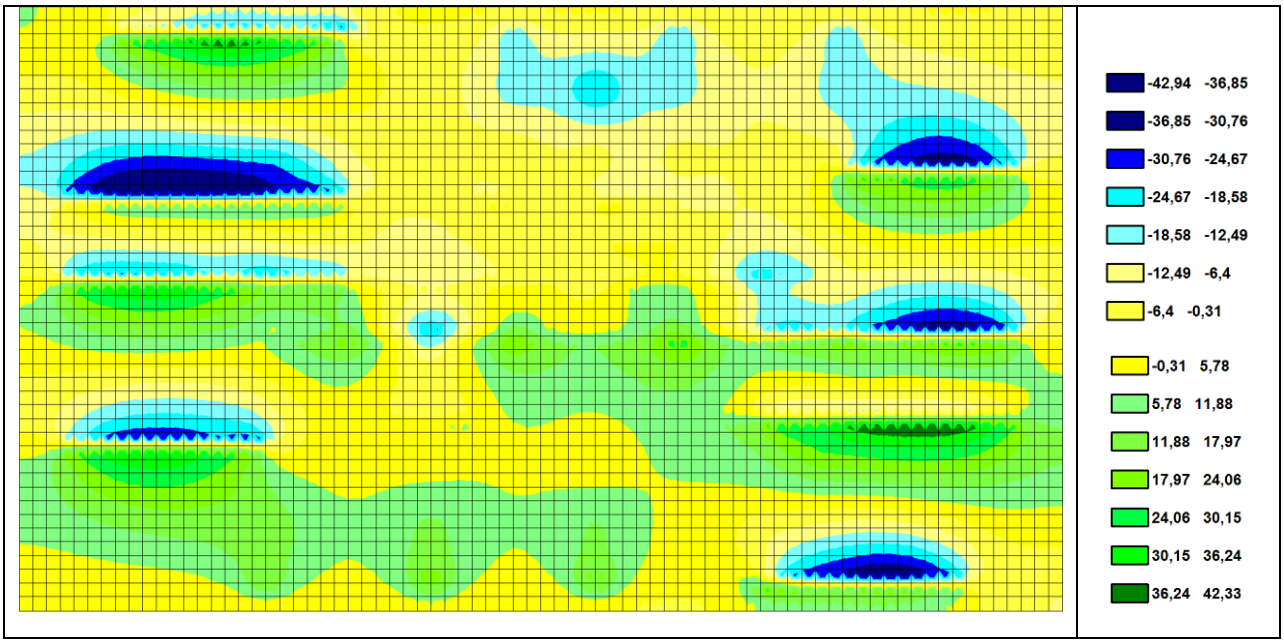


Рис. 22. Поперечная сила Q_y

10.2. Программа ADAPT

Статический расчет фундаментной плиты выполнен с использованием программы ADAPT /8/. Значение коэффициента постели определено с использованием модуля КРОСС и принято как в предыдущем случае, равным 267,59 тс/м^3.

Рис. 23. Осадка/прогиб фундаментной плиты

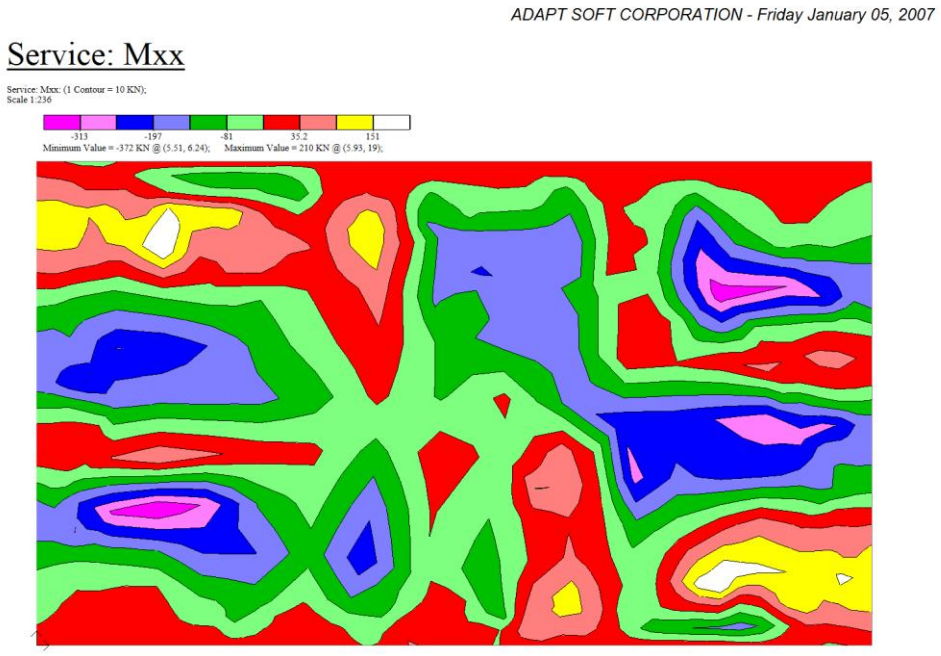


Рис. 24. Момент M_x

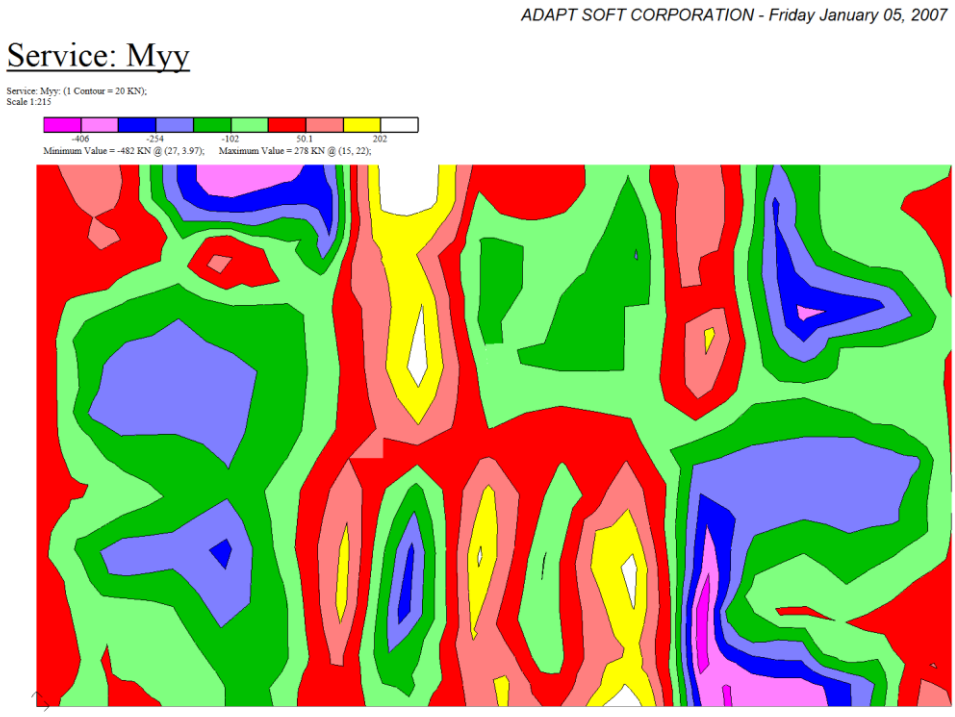


Рис. 25. Момент M_y

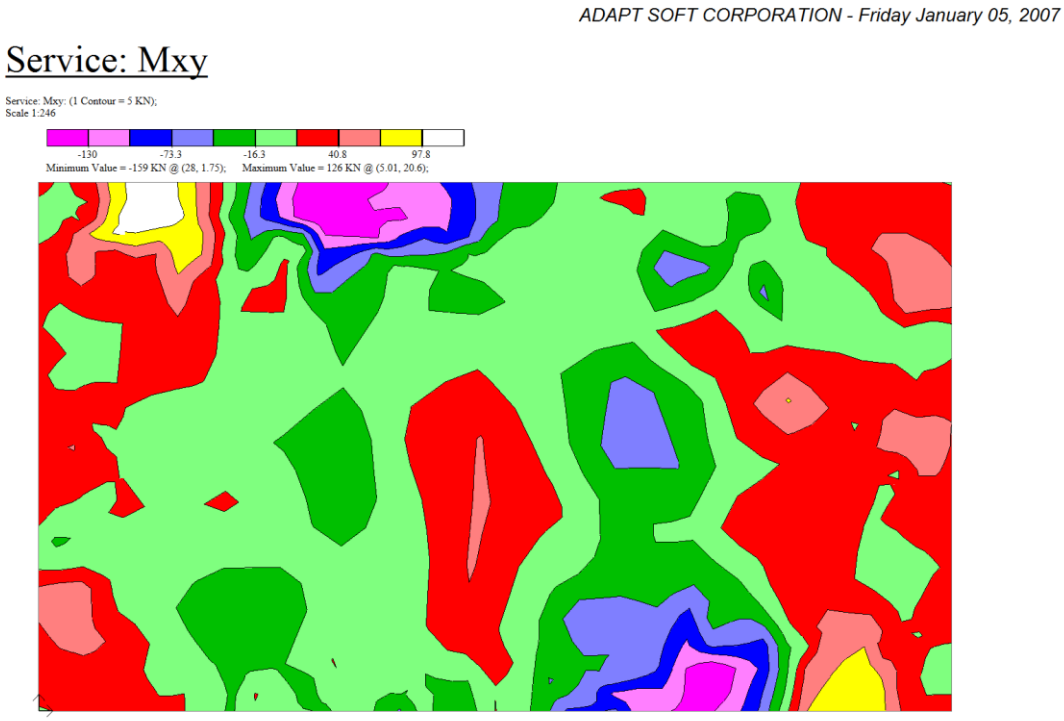


Рис. 26. Крутящий момент M_{xy}

11. Выводы по результатам расчетов

1. Все выбранные программы расчета дают различные результаты, как средней осадки фундаментной плиты, так и внутренних усилий в конструкции плиты. Сравнение результатов расчета приведено в табл. 2.

Табл. 2. Сравнение результатов расчета

Расчетная схема	Осадка, см	Mx, кНм	My, кНм	Mxy, кНм	Qx, кН	Qy, кН
Неоднородное основание (ANSYS)	3,1 – 17,7	13 - 1540	14,1 - 1902	-251,3 – +119,0	-786 - +725	
Условно однородное основание (ANSYS)	1,8 – 10,4	7,6 - 1246	7,3 - 1534	-219,4 – 135,9	-821,1 – +684,0	-844,6- +669,1
SCAD, местное – упругое основание	0,52 – 5,8	-25,8 – +952,4	-130,1 – +828,5	-140,5 – 309,3	-518,8 – +488,3	-429,4 – +423,3
ADAPT, местное – упругое основание	-0,06 – +0,69	-210 - +372	-278 - +482	-126,0 – +159,0		
КРОСС, неоднородное основание	4,47					

Различие в расчетах можно объяснить следующим.

Существенное влияние оказывает выбор расчетной схемы основания. Для расчетной схемы в виде линейно-деформируемого основания используются решения теории упругости. Среда характеризуется двумя параметрами модулем деформации и коэффициентом Пуассона. Эти параметры определяются по известным методикам, путем прямых испытаний образцов грунта в лаборатории или в полевых условиях штампом.

Вторая расчетная схема основана на гипотезе местных упругих деформаций и основание характеризуется одним или двумя параметрами – коэффициентами постели. Коэффициент постели не определяется из опытов, а находится из расчета, опять же с использованием расчетной схемы в виде линейно-деформируемого полупространства. Расчеты выполненные с использованием программы SCAD, модуль КРОСС дали среднее значение коэффициента постели, равное 267,59 т/м^3. Это же значение можно определить по формуле (6.126) /4/

$$C_1 = \frac{E}{(1-\nu^2)k_o\sqrt{A}} = 790{,}07/(1\text{-}0{,}35^2)0{,}87\sqrt{912} = 34{,}29 \text{ т/м}^3.$$

Как видим это значение в 8 раз менее, найденного КРОСС. Если, теперь выполнить расчеты с использованием C_1 = 34,29 т/м^3 программой SCAD, то получим следующие результаты.

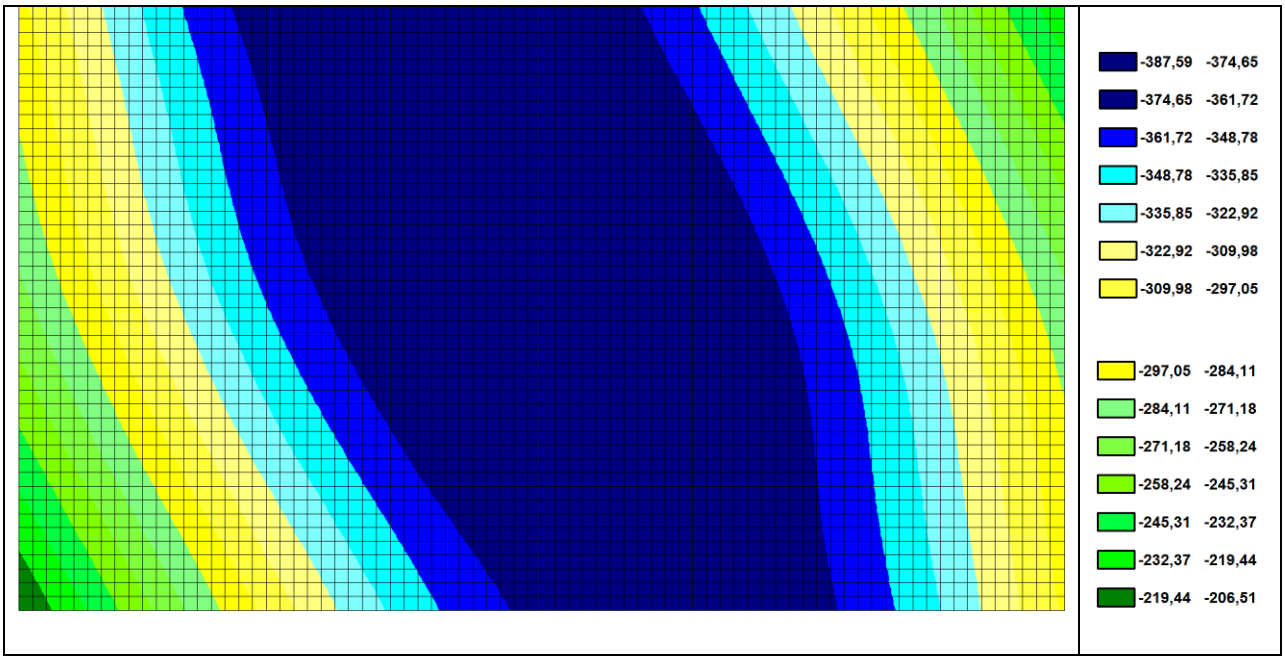


Рис. 27. Деформация плиты

Максимальная осадка стала равной 38,7 см, а минимальная осадка, равна 20,6 см. При коэффициенте постели в 267,59 т/м^3 эти значения были, соответственно равны 0,52 и 5,8 см. Как видим, деформация возросла практически пропорционально изменению коэффициента постели. Естественно и моменты стали больше, изменяясь от -61,5 до 1798,5 кНм.

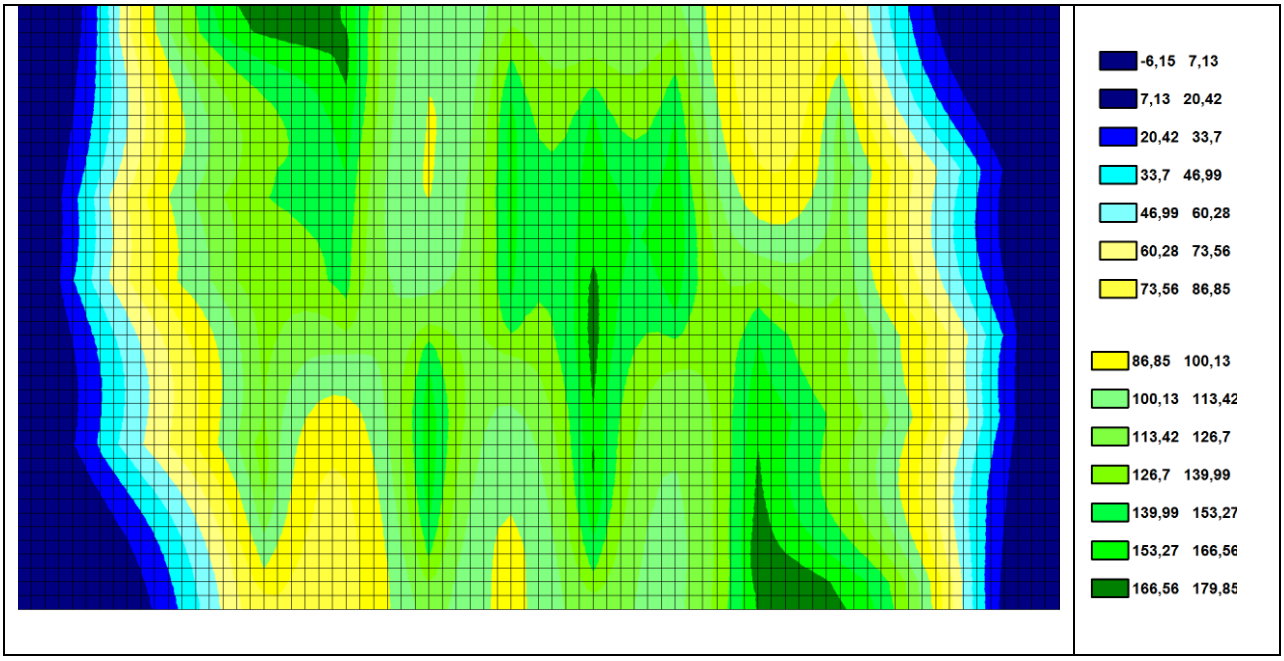


Рис. 28. Момент M_x

Полученные значения оказались более, чем для неоднородного и условно однородного основания, причем значения, полученные с использованием этих расчетных схем оказались между значениями, которые были получены при коэффициентах постели, соответственно в 267,59 т/м^3 и 34,29 т/м^3.

Найдем осадку фундаментной плиты полагая, что она является жесткой и находится на условно однородном основании. Для этого используем выражение (6.127) /4/

$$s = \frac{1-\nu^2}{E} k_o \frac{P}{\sqrt{A}} = \frac{1-0{,}35^2}{790} 0{,}87 \frac{9239}{\sqrt{912}} = 0{,}295 \text{ м.} \qquad (7)$$

Это выражение дает значение осадки, менее вычисленного при коэффициенте постели 34,29 т/м^3, но более чем для неоднородного основания. Осадка практически равна, найденной ранее по формуле (5) (0,27 м).

Известно, что величина средней осадки не влияет существенно на поведение надземных конструкций зданий, если в качестве фундамента используется плита. В этом случае расчетное значение осадки может быть принято более нормативного значения, но при проектировании следует предусмотреть или строительный подъем здания или технологические проемы над вводными коммуникациями. Определяющим является прогиб плиты и ее крен. В нашем случае расчетное значение крена значительно мене нормируемого.

2. Характер деформации плиты одинаков во всех расчетах. Наблюдается крен в направлении оси А, который не превышает нормативного значения. Максимальный прогиб плиты имеет место в осях 5-9; Б-Ж.

3. Конструирование плиты выполнено с использованием значений внутренних усилий, которые были найдены при использовании расчетной схемы в виде условно однородного основания. Эти значения более значений, полученные методом местного упругого основания (Винклера-Фусса). Поэтому армирование плиты выполнено по наихудшему результату.

12. Конструирование плиты

Выполнено по двум группам предельных состояний для изгибаемых железобетонных элементов с использованием модуля программы «ЛИРА» (см. приложение 8). Армирование выполнено по результатам расчета нормальных сечений на действие изгибающих моментов M_x и M_y. Сечение рабочей арматуры на 1 м .п. определено по формуле

$$A_s = \frac{M}{0{,}9 h_o R_s}, \qquad (8)$$

где R_s - расчетное сопротивление арматуры растяжению, равное для класса А-Ш – 365 МПа.

Бетон класса В-20, толщина защитного слоя снизу при устройстве подбетонки толщиной 100 мм принята равной 50 мм, сверху – 50 мм.

Нормируемая ширина раскрытия трещин, a_{crc1}, при переменном уровне грунтовых вод принята равной 0,3 мм.

Расчет по раскрытию трещин выполнялся по формуле (144) /10/.

Армирование сечения выполнено в несколько рядов арматуры. В нижней части сечения арматура разложена в три ряда. На рис. 29 - 35 показаны схемы раскладки арматуры в зависимости от значений изгибающих моментов по осям X и У.

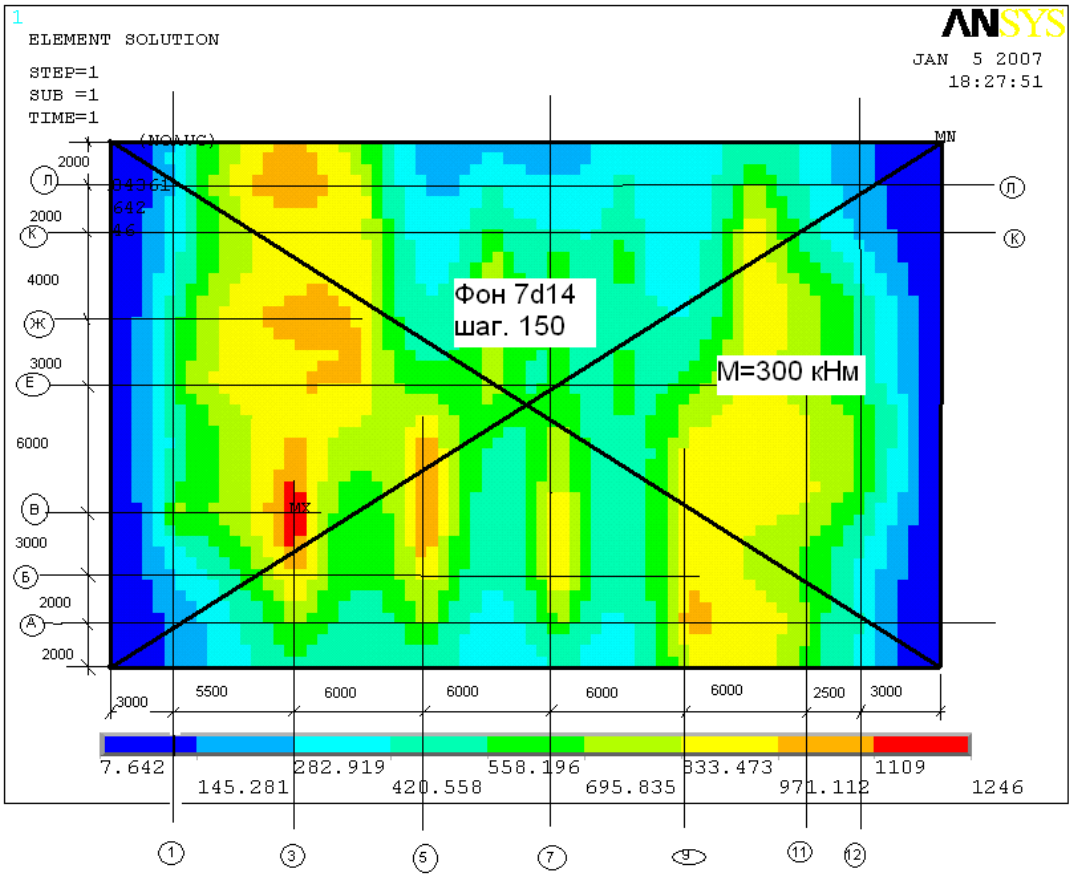


Рис. 29. Армирование первого ряда в нижней части сечения по оси X

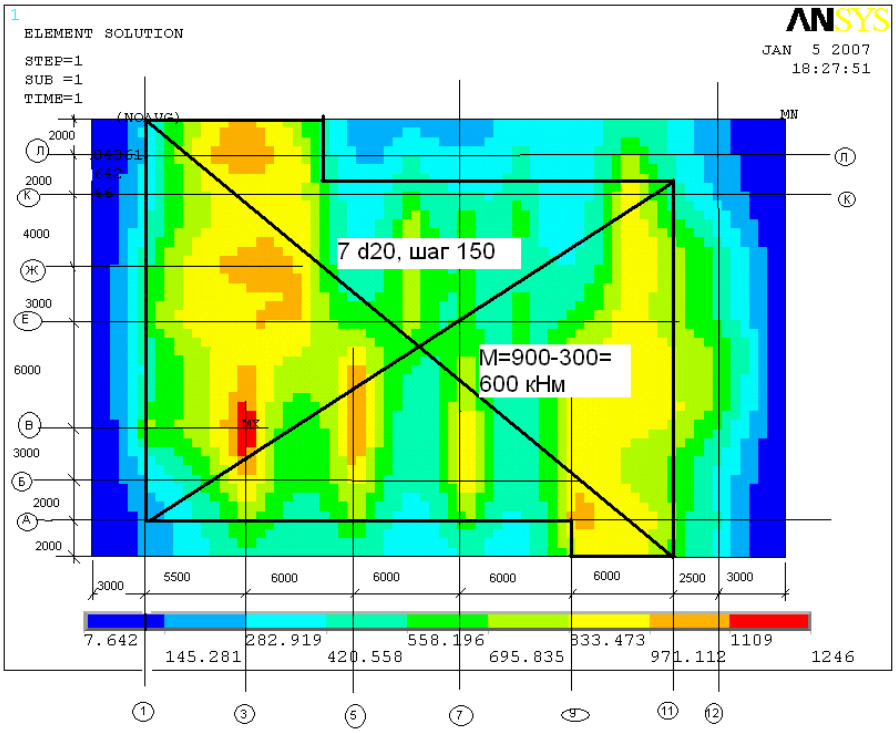


Рис. 30. Армирование второго ряда в нижней части сечения по оси X

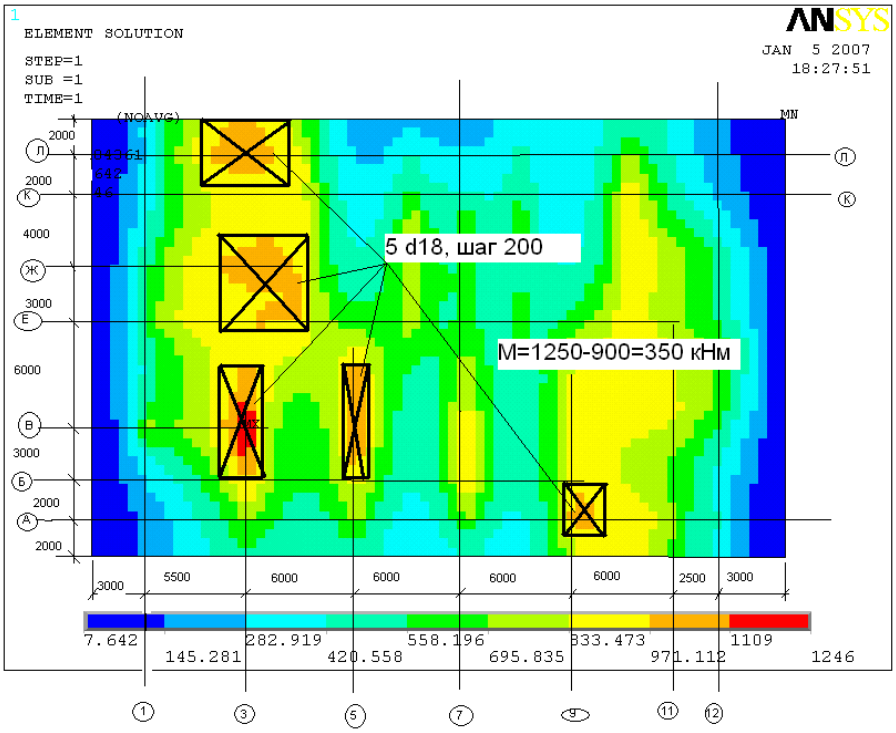


Рис. 31. Армирование третьего ряда в нижней части сечения по оси X

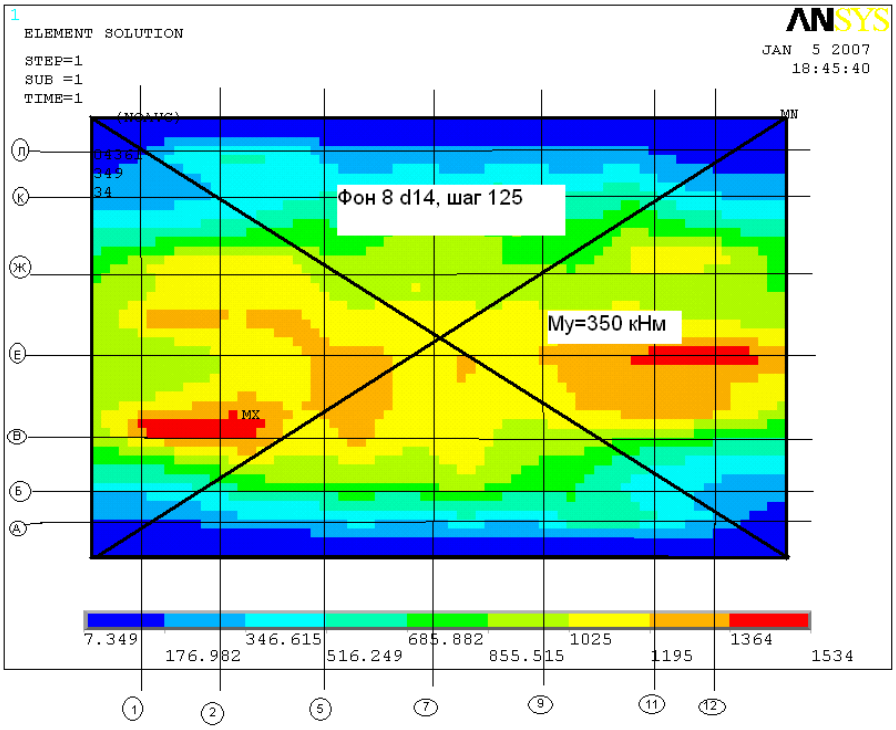


Рис. 32. Армирование первого ряда в нижней части сечения по оси У

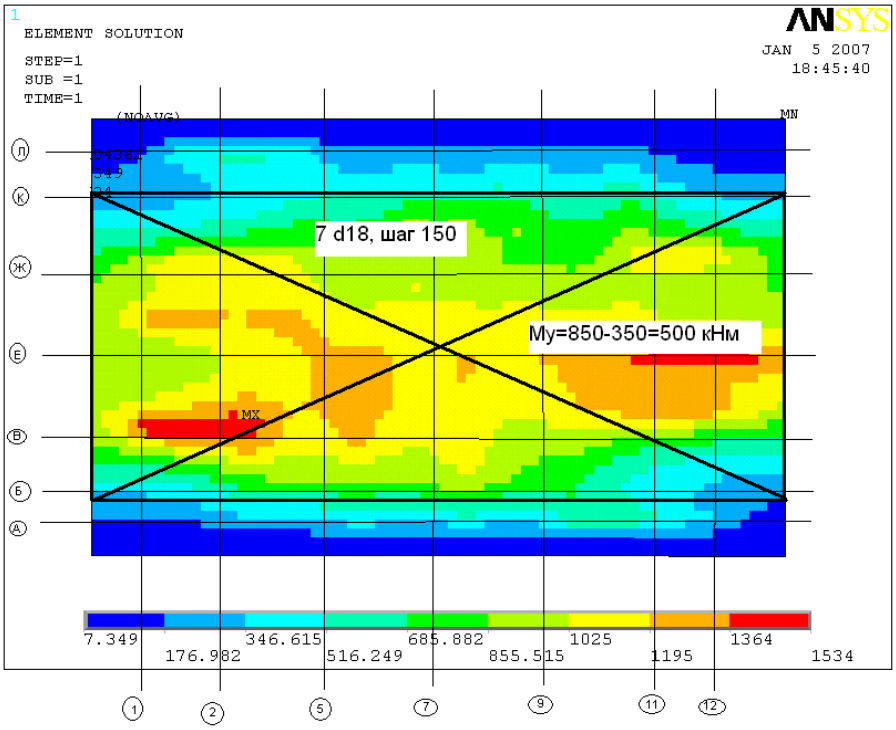


Рис. 33. Армирование второго ряда в нижней части сечения по оси У

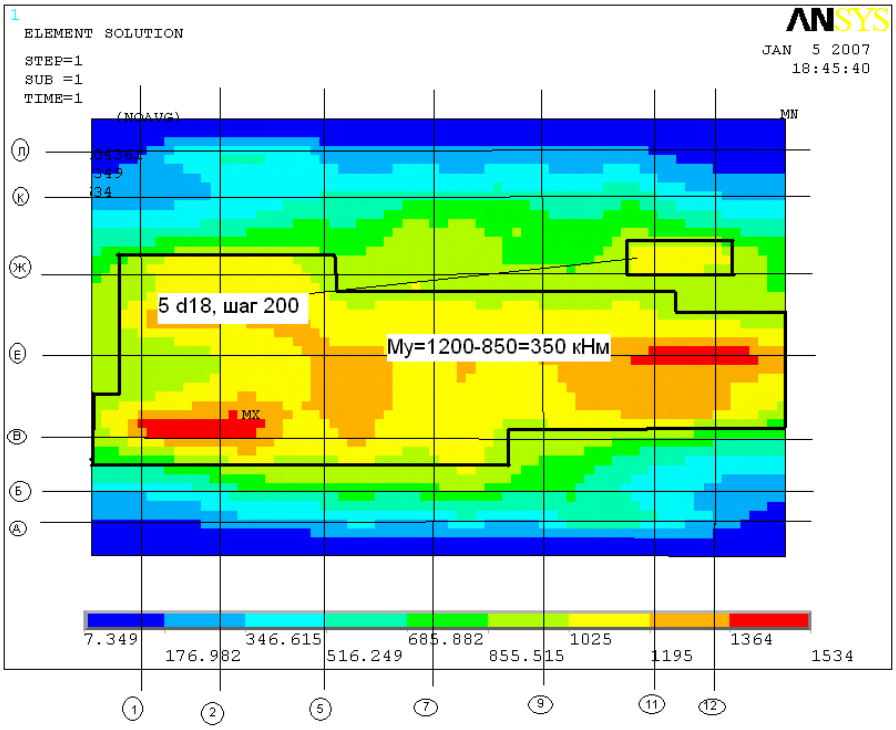


Рис. 34. Армирование третьего ряда в нижней части сечения по оси У

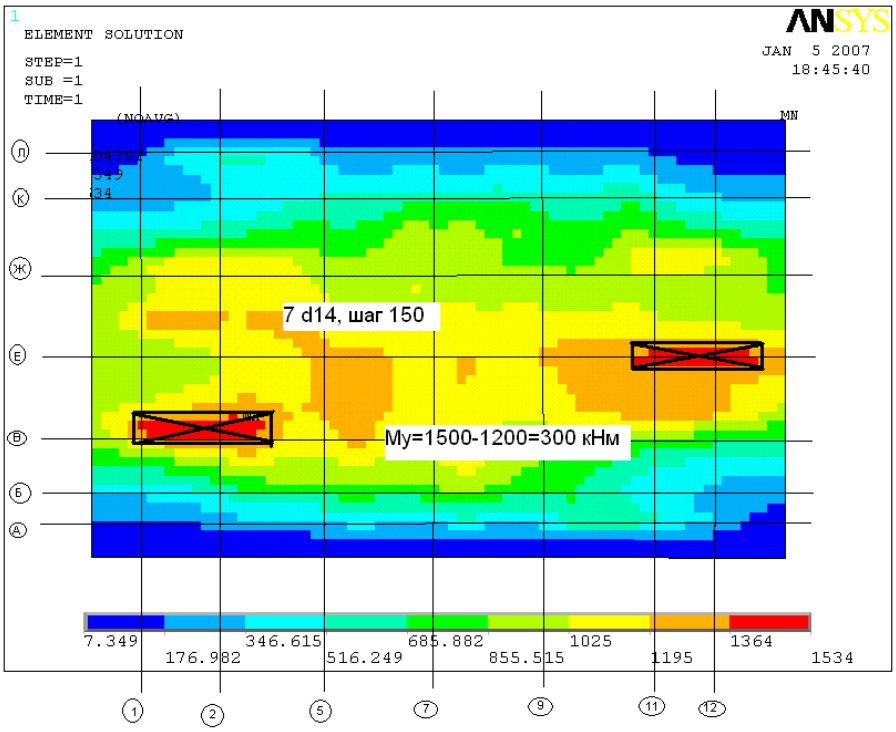


Рис. 35. Армирование четвертого ряда в нижней части сечения по оси У

В верхней части сечения армирование принято конструктивно, равное 5% площади сечения из 6 d10 с шагом 200 мм в обоих направлениях

Расчет железобетонных элементов без поперечной арматуры на действие поперечной силы для обеспечения прочности по наклонной трещине выполнен из условия:

$$Q \le \frac{\varphi_{b4}(1+\varphi_n)R_{bt}bh_o^2}{c}, \qquad (9)$$

где правая часть условия (9) принимается не более $2{,}5R_{bt}bh_o$ и не менее $\varphi_{b3}(1+\varphi_n)R_{bt}bh_o$.

По первому условию $Q \le 2{,}5R_{bt}bh_o = 2{,}5x918x1x0{,}85 = 1950{,}75$ кН, по второму условию $Q \le \varphi_{b3}(1+\varphi_n)R_{bt}bh_o = 0{,}6(1+0{,}5)918x1x0{,}85 = 702{,}27$ кН.

Значения поперечной силы изменяются в плите от 669 кН до – 844 кН, т.е. по второму условию, в тех сечениях (конечных элементах), где поперечная сила более 702,27 кН необходимо ввести поперечную арматуру по направлению осей X или У. Эти сечения отмечены на нижеприведенных рисунках.

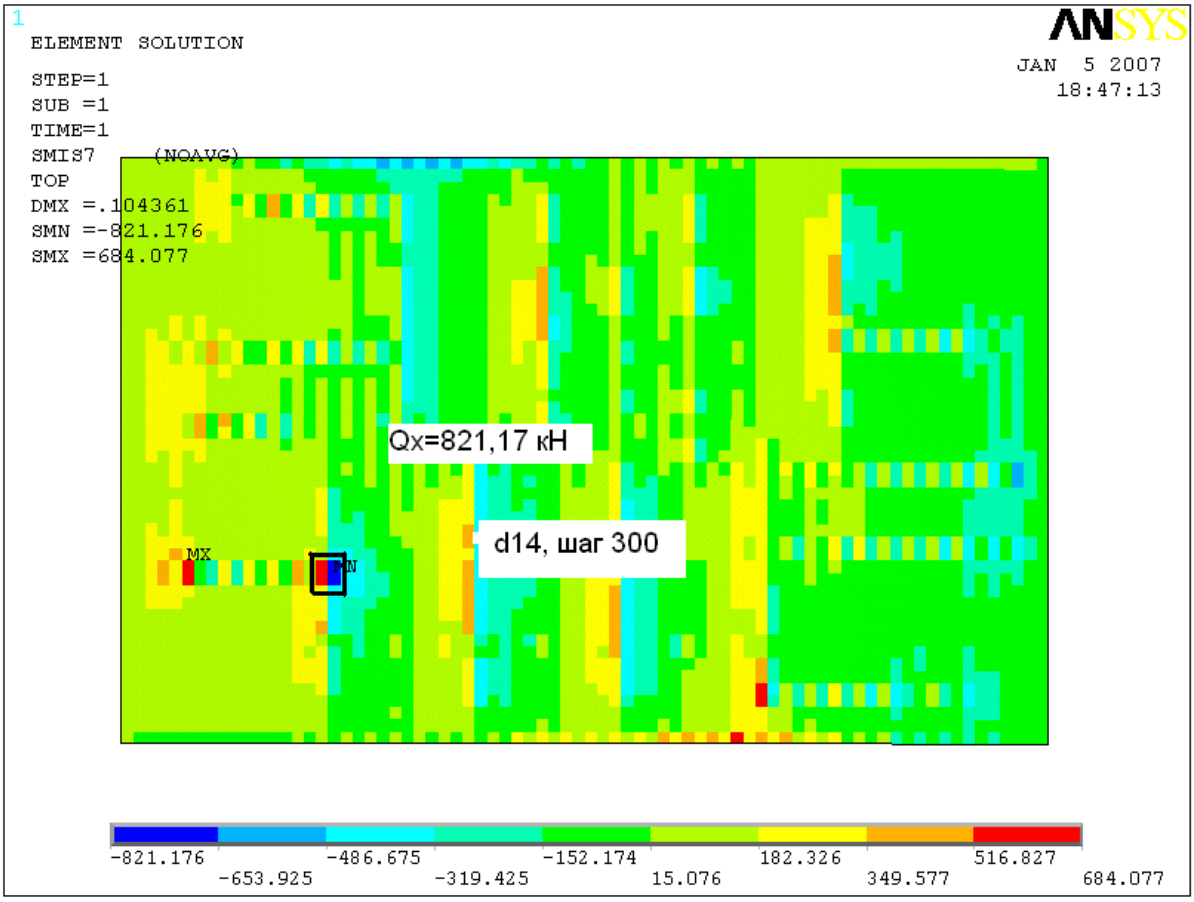


Рис. 35. Зона поперечного армирования по оси X

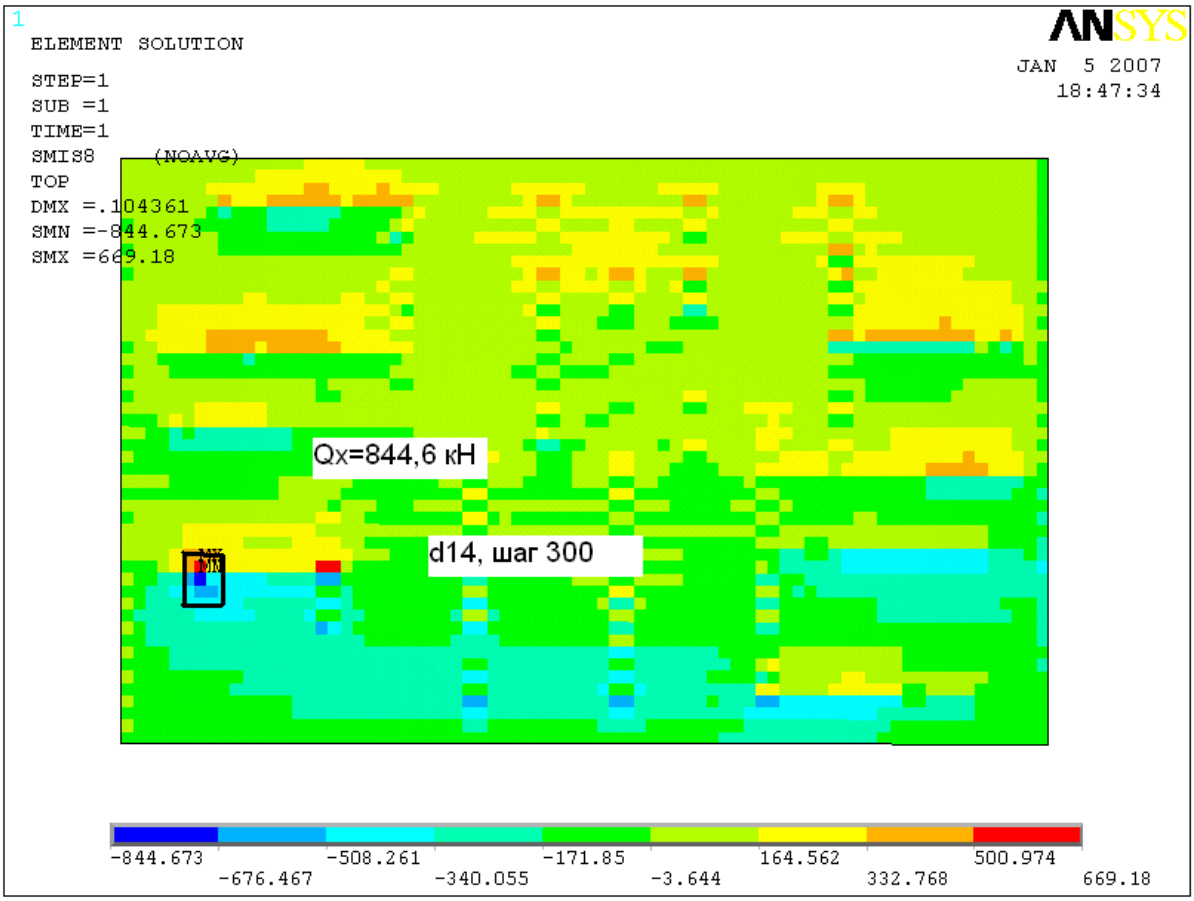


Рис. 36. Зона поперечного армирования по оси У

Литература

1. Рабочий проект. «10 этажный 70 квартирный жилой дом 4А-5 серии 10 (141) в 4А микрорайоне п.ГЭС г.Набережные Челны». ОАО «Стройпроект», г.Набережные Челны, 2005.

2. Инженерно-геологическое заключение по объекту: «4А микрорайон в пос. ГЭС г.Набережные Челны РТ». 1 этап. КамТИСИЗ, 2004.

3. СП 50-101-2004. Проектирование и устройство оснований и фундаментов зданий и сооружений.

4. Основания, фундаменты и подземные сооружения. Справочник проектировщика. М., 1985.

5. Руководство по проектированию фундаментных плит каркасных зданий. М: Стройиздат, 1977, 128 с.

6. Structure CAD.
7. ANSYS, www.cadfem.ru.
8. ADAPT, www.adapt.com.
9. СН 321-65. Указания по проектированию конструкций крупнопанельных жилых домов. М., 1966.
10. СНиП 2.03.01-84*. Бетонные и железобетонные конструкции. М., 2000.

Приложение 1

Таблица № 5 нормативных и расчетных значений характеристик грунтов по ИГЭ и РГЭ.

№№ п/п	Наименование характеристик грунтов	Ед. измер.	ИГЭ-2	РГЭ-2б/2	ИГЭ-2в		ИГЭ-2г	ИГЭ-3	ИГЭ-3а		ИГЭ-3б		ИГЭ-3в	ИГЭ-4		ИГЭ -4а
					РГЭ-2в/1	РГЭ-2в/2			РГЭ-3а/1	РГЭ-3а/2	РГЭ-3б/1	РГЭ-3б/2		РГЭ-4/1	РГЭ-4/2	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Влажность на дату изысканий	д.е.	0,13	0,21	0,23	0,24	0,25	0,08	0,11	0,14	0,18	0,20	0,23	0,08	0,24	0,03
2	Коэффициент водонасыщения на дату изысканий	д.е.	0,43	0,77	0,80	0,96	0,96	0,30	0,41	0,52	0,63	1,00	0,95	0,33	1,00	0,11
3	Полная возможная прогнозная влажность при коэффициенте водонасыщения, равном 1,0 д.е.	д.е.	0,30	0,28	0,29	0,25	0,26	0,26	0,26	0,27	0,29	0,23	0,24	0,25	0,24	0,28
4	Влажность на границе текучести	д.е.	0,26	0,25	0,26	0,27	0,26	0,19	0,20	0,22	0,23	023	0,22	-	-	-
5	Влажность на границе раскатывания	д.е.	0,18	0,18	0,18	0,19	0,18	0,16	0,16	0,18	0,17	0,17	0,16	-	-	-
6	Число пластичности	д.е.	0,08	0,07	0,08	0,08	0,08	0,03	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	-	-	-
7	Показатель текучести при влажности на дату изысканий (для сведения)	д.е.	<0	0,43	0,63	0,63	0,88	<0	<0	<0	0,17	1,00	>1,00	-	-	-
8	Предельный показатель текучести при полной возможной прогнозной влажности (для использования в расчетах)	д.е.	>1,00	>1,00	>1,00	0,75	1,00	>1,00	>1,00	>1,00	>1,00	1,00	>1,00	-	-	-
9	Предельный показатель текучести при полной возможной прогнозной влажности по формуле (31) из СНиП 2.02.03-85	д.е.	>1.00	>1,00	-	-	-	>1,00	>1,00	>1,00	>1,00	-	-	-	-	-
10	Плотность при влажности на дату изысканий	т/м³	1,67	1,86	1,87	1,99	1,97	1,69	1,74	1,76	1,79	1,96	1,99	1,73	2,02	1,57
11	Плотность при полной возможной прогнозной влажности	т/м³	1,92	1,97	1,96	2,01	1,99	1,97	1,97	1,96	1,96	2,01	2,01	2,01	2,02	1,95
12	Плотность частиц грунта	т/м³	2,68	2,67	2,69	2,69	2,68	2,67	2,67	2,67	2,69	2,69	2,68	2,66	2,66	2,65
13	Плотность сухого грунта	т/м³	1,48	1,54	1,52	1,61	1,58	1,57	1,57	1,55	1,52	1,64	1,62	1,61	1,63	1,53
14	Пористость	%	44,8	42,3	43,5	40,1	41,0	41,4	41,4	41,9	43,5	39,0	39,6	39,5	38,7	42,3
15	Коэффициент пористости	б/р	0,81	0,73	0,77	0,67	0,70	0,70	0,70	0,72	0,77	0,64	0,65	0,65	0,63	0,73
16	Относительная деформация просадочности при стандартном давлении 0,30 МПа	д.е.	0,0120÷0,0222	-	-	-	-	0,0131÷0,0277	<0,01	<0,01	<0,01	-	-	<0,01	-	<0,01
17	Относительная деформация просадочности при природном давлении	д.е.	<0,01	-	-	-	-	<0,01	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Величина возможной просадки при природном давлении	см	нет	-	-	-	-	нет	-	-	-	-	-	-	-	-
19	Тип грунтовых условий по просадочности	-	I	-	-	-	-	I	-	-	-	-	-	-	-	-
20	Начальное просадочное давление	МПа	0,135÷0,250	-	-	-	-	0,108÷0,229	-	-	-	-	-	-	-	-
21	Модуль деформации	МПа	7,0 / 4,1	6,2 / 5,9	5,6 / 4,6	5,6	4,1	8,1 / 4,9	10,5 / 8,2	10,0 / 7,1	6,8 / 5,9	6,8	5,7	11,5 / 8,5	10,5	14,6 / 13,0
22	Угол внутреннего трения: 22.1.нормативный	град	24 / 19	21 / 20	19 / 18	18	16	24 / 23	24 / 23	25 / 24	22 / 20	21	19	30 / 28	28	31 / 29
	22.2.расчетный при α=0.85	град	22 / 17	19 / 18	18 / 17	17	15	22 / 21	22 / 21	23 / 22	20 / 18	19	17	28 / 26	26	29 / 27
	22.3.расчетный при α=0.95	град	20 / 15	18 / 17	17 / 16	16	14	21 / 19	21 / 20	22 / 21	19 / 17	18	16	27 / 25	25	28 / 26
23	Удельное сцепление: 23.1.нормативное	МПа	0,020 / 0,013	0,018 / 0,012	0,015 / 0,011	0,014	0,010	0,015 / 0,006	0,017 / 0,007	0,018 / 0,008	0,012 / 0,008	0,010	0,007	0,005 / 0,003	0,004	0,002 / 0,000
	23.2.расчетное при α=0.85	МПа	0,016 / 0,010	0,015 / 0,010	0,012 / 0,009	0,012	0,009	0,012 / 0,005	0,014 / 0,005	0,015 / 0,006	0,010 / 0,006	0,009	0,005	0,004 / 0,002	0,003	0,001 / 0,000
	23.3.расчетное при α=0.95	МПа	0,013 / 0,008	0,012 / 0,008	0,010 / 0,007	0,010	0,008	0,010 / 0,004	0,011 / 0,004	0,012 / 0,005	0,008 / 0,005	0,006	0,004	0,003 / 0,001	0,002	0,000 / 0,000
24	Размокаемость	-	Мгновенная		-	-	-	Мгновенная			-	-	-	-	-	-
25	Набухаемость	-	нет	нет	-	-	-	нет	нет	нет	нет	-	-	-	-	-
26	Засоленность	-	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет	нет
27	Карбонатность	%	9,9	-	8,6	-	-	3,2	-	10,1	9,5	-	7,5	-	-	-
28	Пучинистость при зимнем промерзании	-	Чрезм.	-	-	-	-	Чрезмерная				-	-	Чрезм.	-	Чрезм.
29	Относительная деформация морозного пучения	д.е.	>0,07	-	-	-	-	>0,07	>0,07	>0,07	>0,07	-	-	>0,07	-	>0,07
30	Коэффициент фильтрации	м/сут	0,05	0,04	0,04	0,04	0,03	0,20	0,18	0,18	0,13	0,12	0,10	1,00	1,50	2,80
31	Параметры уплотняемости глинистых грунтов в лабораторных условиях (стандартное уплотнение в приборе «ДорНИИ») по архивным материалам: 31.1.оптимальная влажность уплотнения	д.е	-	-	-	-	-	0,14	0,15	-	-	-	-	-	-	-
	31.2.максимальная плотность сухого грунта, достигнутая при оптимальной влажности.	т/м³	-	-	-	-	-	1,79	1,83	-	-	-	-	-	-	-

Примечания:

1. Насыпные грунты ИГЭ-1а основанием быть не могут, подлежат удалению в строительных контурах, поэтому в таблицу №5 не включены.
2. Суглинок РГЭ-2б/2 залегает ниже глубины 20,0 м, расчетное сопротивление принять 0,18 МПа.
3. Расчетное сопротивление глины ИГЭ-6а принять 0,25 МПА.
4. В строках №№ 22 ÷ 24 в графах №№ 4 ÷ 6, 9 ÷ 12, 15 и 17 над чертой приведены значения характеристик грунтов при влажности на дату изысканий, под чертой - при полной возможной влажности.

Приложение 2

Договор N 352 ТОЧКА СТАТИЧЕСКОГО ЗОНДИРОВАНИЯ N 562/04

Дата 28.10.04 Отметка устья 88,54 м Тип установки СП-72

Раз-вез скв.	NN ИГЭ РГЭ	Глу-бина	Q + МПА	F # КПА	F# сопротивл. грунта на муфте трения; Q+ удельное сопротивление грунта под конусом	0 2 4 6 8 10 12 14 16 18	0 40 80 120 160 200 240 280 320 360 # # # # # # # # # # 20 22 24 26 28 30 32 34 36
		1.0	5.9	67.0			
		1.2	5.0	66.0			
	4a	1.4	3.6	60.0			
		1.6	3.6	41.0			
		1.8	3.4	19.0			
		2.0	2.3	112.0			
		2.2	2.6	4.0			
		2.4	2.5	44.0			
		2.6	1.6	30.0			
		2.8	.5	21.0			
		3.0	2.3	21.0			
		3.2	5.0	46.0			
	3a/1	3.4	7.1	82.0			
		3.6	6.5	67.0			
		3.8	4.6	123.0			
		4.0	3.9	44.0			
		4.2	2.3	87.0			
		4.4	6.6	86.0			
		4.6	3.9	97.0			
		4.8	4.8	76.0			
		5.0	5.7	72.0			
	4/1	5.2	3.6	171.0			
		5.4	1.3	73.0			
		5.6	2.5	75.0			
		5.8	1.6	60.0			
		6.0	.8	67.0			
		6.2	1.7	70.0			
		6.4	1.2	86.0			
		6.6	1.7	88.0			
		6.8	1.3	89.0			
		7.0	1.9	88.0			
		7.2	1.7	96.0			
		7.4	1.9	94.0			
		7.6	1.1	95.0			
		7.8	1.6	102.0			
		8.0	1.3	90.0			
		8.2	2.1	72.0			
		8.4	2.0	84.0			
		8.6	1.4	113.0			
		8.8	1.9	106.0			
	36/1	9.0	1.3	102.0			
		9.2	6.9	76.0			
		9.4	8.2	80.0			
		9.6	3.2	113.0			
		9.8	3.4	121.0			
	4/1	10.0	6.3	97.0			
		10.2	.8	121.0			
	36/1	10.4	2.9	106.0			
		10.6	.1	96.0			
		10.8	2.8	119.0			
		11.0	1.1	103.0			
		11.2	1.3	90.0			
		11.4	.3	95.0			
		11.6	.7	53.0			
		11.8	1.3	56.0			
		12.0	.2	32.0			

```
:   36/1:10.4:  2.9:106.0:
:    :  :10.6:   .1: 96.0:+
:    :  :10.8:  2.8:119.0:
:    :  :11.0:  1.1:103.0:
:    :  :11.2:  1.3: 90.0:
:    :  :11.4:   .3: 95.0:+
:    :  :11.6:   .7: 53.0:
:    :  :11.8:  1.3: 56.0:
:    :  :12.0:   .2: 32.0:+
:    :  :12.2:   .1: 38.0:+
:    :  :12.4:   .1: 57.0:+
:    :  :12.6:   .9: 16.0:
:    : 3B:12.8:   .3: 29.0:+
:    :  :13.0:  1.7: 60.0:
:    :  :13.2:  2.5:117.0:
:    :  :13.4:  3.2:179.0:
:   36/2 13.6:  3.0:146.0:
:    :  :13.8:  1.1:114.0:
:    :  :14.0:   .1: 96.0:+
:    :  :14.2:  1.9: 77.0:
:    :  :14.4:   .1: 57.0:+
:    :  :14.6:   .1: 60.0:+
:    :  :14.8:   .7: 29.0:
:    :  :15.0:   .1: 53.0:+
:    :  :15.2:   .2: 56.0:+
:    :  :15.4:   .1: 42.0:+
:    :  :15.6:   .1: 39.0:+
:    :  :15.8:   .1: 38.0:+
:    :  :16.0:   .1: 34.0:+
:    :  :16.2:   .1: 63.0:+
:    :  :16.4:   .1: 48.0:+
:    :  :16.6:   .2: 49.0:+
:    :  :16.8:   .1: 28.0:+
:    :  :17.0:   .1: 26.0:+
:    :  :17.2:   .1: 46.0:+
:    :  :17.4:   .1: 50.0:+
:    :  :17.6:   .1: 25.0:+
:    :  :17.8:   .1: 16.0:+
:    :  :18.0:   .9: 38.0:
:    :  :18.2:   .9:140.0:
:    :2r :18.4:  .5:136.0:
:    :  :18.6:  1.3: 72.0:
:    :  :18.8:  6.2: 94.0:
:    :  :19.0:  2.0:148.0:
:    :  :19.2:  3.4:163.0:
:    :  :19.4:  1.3: 84.0:
:    :  :19.6:  1.3: 34.0:
:    :  :19.8:   .2:146.0:+
:   36/2:20.0:  3.2:116.0:
```

Приложение 3

Таблица № 2 . Значения деформационных (Е
полученные по результатам статического зондирования

№№ТСЗ	Значения модулей деформации(Е) ,удельных сцеплений (С)																			
	ИГЭ-2			РГЭ-2б/1			РГЭ-2в/1			РГЭ-2в/2			ИГЭ-2г			ИГЭ-3			РГЭ-3	
	Е	С	φ	Е	С	φ	Е	С	φ	Е	С	φ	Е	С	φ	Е	С	φ	Е	С
	МПа	МПа	град	МПа	МПа	град	МПа	МПа	град	МПа	МПа	град	МПа	МПа	град	МПа	МПа	град	МПа	МПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
542/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.7	0.017	17	3.8	0.014	17	14.9	0.018	23	-	-
547/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.7	0.013	17	-	0.013	16	14.0	0.017	22	-	-
550/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.9	0.018	17	3.5	0.013	16	10.9	0.013	21	-	-
555/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.0	0.018	18	-	-	-	-	-	-	11.7	0.014
561/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.4	0.013	16	3.4	0.012	16	-	-	-	14.3	0.017
562/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.7	0.013	16	-	-	-	10.8	0.012
565/04	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16	-	-	-	-	-
572/04	10.4	0.032	23	5.4	0.017	18	-	-	-	4.2	0.015	17	3.4	0.012	16	-	-	-	-	-
573/04	11.5	0.035	24	6.4	0.022	19	-	-	-	5.9	0.020	18	3.4	0.012	16	-	-	-	-	-
574/04	10.2	0.032	23	4.9	0.018	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.7	0.019	23	-	-
575/04	9.4	0.030	23	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.5	0.013	16	-	-	-	-	-
576/04	-	-	-	4.4	0.017	18	-	-	-	3.9	0.015	17	-	0.012	16	11.2	0.013	21	-	-
577/04	9.7	0.031	23	5.4	0.016	17	-	-	-	5.0	0.016	17	-	-	-	13.0	0.016	22	-	-
578/04	10.2	0.032	23	6.1	0.021	18	4.4	0.015	17	4.9	0.017	17	3.8	0.011	16	11.6	0.014	21	-	-
579/04	12.1	0.037	24	-	-	-	-	-	-	4.3	0.016	17	3.5	0.013	17	10.1	0.013	21	-	-
Средние по площадке	10.5	0.032	23	5.8	0.019	18	4.4	0.015	17	4.4	0.016	17	3.5	0.012	16	12.2	0.014	22	11.5	0.014

Продолжение приложения 3

ых (E) и прочностных (C, φ) характеристик грунтов,
вания в каждой из 15-ти точек (т.с.з.) и в среднем по площадке.

ений (C) и углов внутреннего трения (φ) по результатам статического зондирования

РГЭ-3а/1			РГЭ-3а/2			РГЭ-3б/1			РГЭ-3б/2			ИГЭ-3в			РГЭ-4/1			РГЭ-4/2			ИГЭ-4а		
E	C	φ	E	C	φ	E	C	φ	E	C	φ	E	C	φ	E	C	φ	E	C	φ	E	C	φ
МПа	МПа	град	МПа	МПа	град	МПа	МПа	град	МПа	МПа	град	МПа	МПа	град	МПа	МПа	град	МПа	МПа	град	МПа	МПа	град
20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42	43
-	-	-	12.6	0.015	22	-	-	-	7.1	0.010	18	-	-	-	-	-	-	14.7	-	32	21.0	-	34
-	-	-	12.2	0.015	22	6.6	-	19	9.1	0.012	19	-	-	-	-	-	-	12.6	-	31	19.5	-	34
-	-	-	11.2	0.014	21	7.3	0.011	19	7.2	0.010	19	-	-	-	16.0	-	32	14.6	-	32	20.6	-	34
11.7	0.014	21	-	-	-	8.5	0.011	20	7.4	0.010	19	5.9	0.007	17	13.4	-	31	13.0	-	31	-	-	-
14.3	0.017	23	-	-	-	7.7	0.012	19	9.1	0.013	20	-	-	17	12.5	-	31	13.1	-	31	22.0	-	-
10.8	0.012	21	-	-	-	5.8	0.007	18	7.9	0.011	19	6.3	0.008	17	11.2	-	30	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	7.9	0.011	19	7.2	0.011	19	-	-	- -	11.3	-	31	-	-	-	-	-	-
-	-	-	15.9	0.017	23	-	-	18	-	-	-	-	-	-	14.3	-	32	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.8	-	33	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	5.1	-	18	-	-	-	-	-	-	12.6	-	31	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.3	-	32	-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-	5.7	-	18	-	-	-	-	-	-	13.0	-	32	-	-	-	-		-
-	-	-	-	-	-	5.2	-	18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	13.6	0.018	22	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.5	-	-	-	-	-	-	-	-
-	-	-	11.4	0.014	21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12.7		32	-	-	-	-	-	-
11.5	0.014	22	12.4	0.015	21	6.8	0.010	18	7.2	0.010	19	6.1	0.007	17	13.1	-	31	13.5	-	31	20.6	-	34

Приложение 4

Таблица № 3.
Сравнительные данные по результатам статического зондирования грунтов и лабораторным исследованиям в сопоставимых точках.

ИГЭ и РГЭ	Сравнение значений деформационных (Е), прочностных (С,) характеристик грунтов по статическому зондированию и лабораторным данным											
	562/04						578/04					
	скважина			т.с.з.			скважина			т.с.з.		
	Е	С		Е	С		Е	С		Е	С	
	МПа	МПа	град.	МПа	МПа	град.	МПа	МПа	град.	МПа	МПа	град.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	-	-	-	-	-	-	6,1	-	-	10,2	0,032	23
	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	----	-----	---
	-	-	-	-	-	-	4,7	0,013	22	-	-	-
2б/1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6,1	0,021	18
	---	---	---	---	---	---	---	---	---	----	-----	---
	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2в/1	-	-	-	-	-	-	5,4	-	-	4,4	0,015	17
	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	----	-----	---
	-	-	-	-	-	-	5,4	0,018	19	-	-	-
2в/2	-	-	-	-	-	-	7,1	0,025	22	4,9	0,017	17
2г	-	-	-	3,7	0,013	16	5,7	0,014	24	3,8	0,011	16
3	-	-	-	-	-	-	7,4	-	-	11,6	0,014	21
	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	----	-----	---
	-	-	-	-	-	-	6,0	0,005	27	-	-	-
3а/1	6,9	-	-	10,8	0,012	21	-	-	-	-	-	-
	---	-----	---	----	-----	---	---	---	---	---	---	---
	6,5	0,005	28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3а/2	-	-	-	-	-	-	6,4	-	-	13,6	0,018	22
	---	---	---	---	---	---	---	-----	---	----	-----	---
	-	-	-	-	-	-	5,8	0,004	25	-	-	-
3б/1	5,9	-	-	5,8	0,012	18	-	-	-	-	-	-
	---	-----	---	----	-----	---	---	---	---	---	---	---
	5,4	0,010	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3б/2	-	-	-	7,9	0,011	19	-	-	-	-	-	-
3в	5,5	0,009	26	6,3	0,008	17	-	-	-	-	-	-
4/1	6,4	-	-	11,2	-	30	10,0	-	-	12,7	-	32
	---	-----	---	----	---	---	----	-----	---	----	---	---
	6,2	0,004	29	-	-	-	9,6	0,006	32	-	-	-

Продолжение приложения 4

Примечания к таблице № 3:

1. Над чертой приведены значения характеристик при влажности на дат изысканий, под чертой - при полной возможной влажности.

2. РГЭ-2в/2, ИГЭ-2г, РГЭ-3б/2, ИГЭ-3в находятся в состоянии полног водонасыщения.

Нормативные значения удельных лобовых сопротивлений грунтс внедрению конуса зонда приведены в таблице № 4 без учета коэффици ента β_1 по таблице 15 СНиП 2.02.03-85.

Таблица № 4
нормативных удельных лобовых сопротивлений грунтов под наконечником зонда и коэффициентов надежности при доверительной вероятности α = 0,95.

№№ ИГЭ и РГЭ	Наименование грунта	Нормативное удельное лобовое сопротивление грунта, $q_з$, МПа	Коэффициент надежности, $\nu_{q_з}$, б/р
1	2	3	4
2	Суглинок просадочный, твердый и полутвердый	2,7	1,04
2б/1	Суглинок тугопластичный	1,5	1,1
2в/1	Суглинок мягкопластичный	1,0	1,4
2в/2	Суглинок мягкопластичный	1,1	1,06
2г	Суглинок текучепластичный	0,7	1,04
3	Супесь просадочная, твердая	4,0	1,05
3а/1	Супесь непросадочная, твердая	3,8	1,12
3а/2	- " -	4,1	1,06
3б/1	Супесь пластичная	2,0	1,06
3б/2	- " -	2,1	1,06
3в	Супесь текучая	1,1	1,13
4/1	Песок пылеватый, средней плотности, малой и средней степени водонасыщения	6,4	1,05

Окончание таблицы № 4.

1	2	3	4
4/2	Песок пылеватый, средней плотности, насыщенный водой	6,7	1,07
4а	Песок мелкий, средней плотности, малой степени водонасыщения	10,3	1,07

Приложение 5

БАЗОВАЯ СРАВНИТЕЛЬНО-СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ТАБЛИЦА НОРМАТИВНЫХ ЗНАЧЕНИЙ ДЕФОРМАЦИОННЫХ (Е) И ПРОЧНОСТНЫХ (С, φ) ХАРАКТЕРИСТИК ГРУНТОВ ЕСТЕСТВЕННОГО ОСНОВАНИЯ ПО АРХИВНЫМ И НОВЕЙШИМ ДАННЫМ.

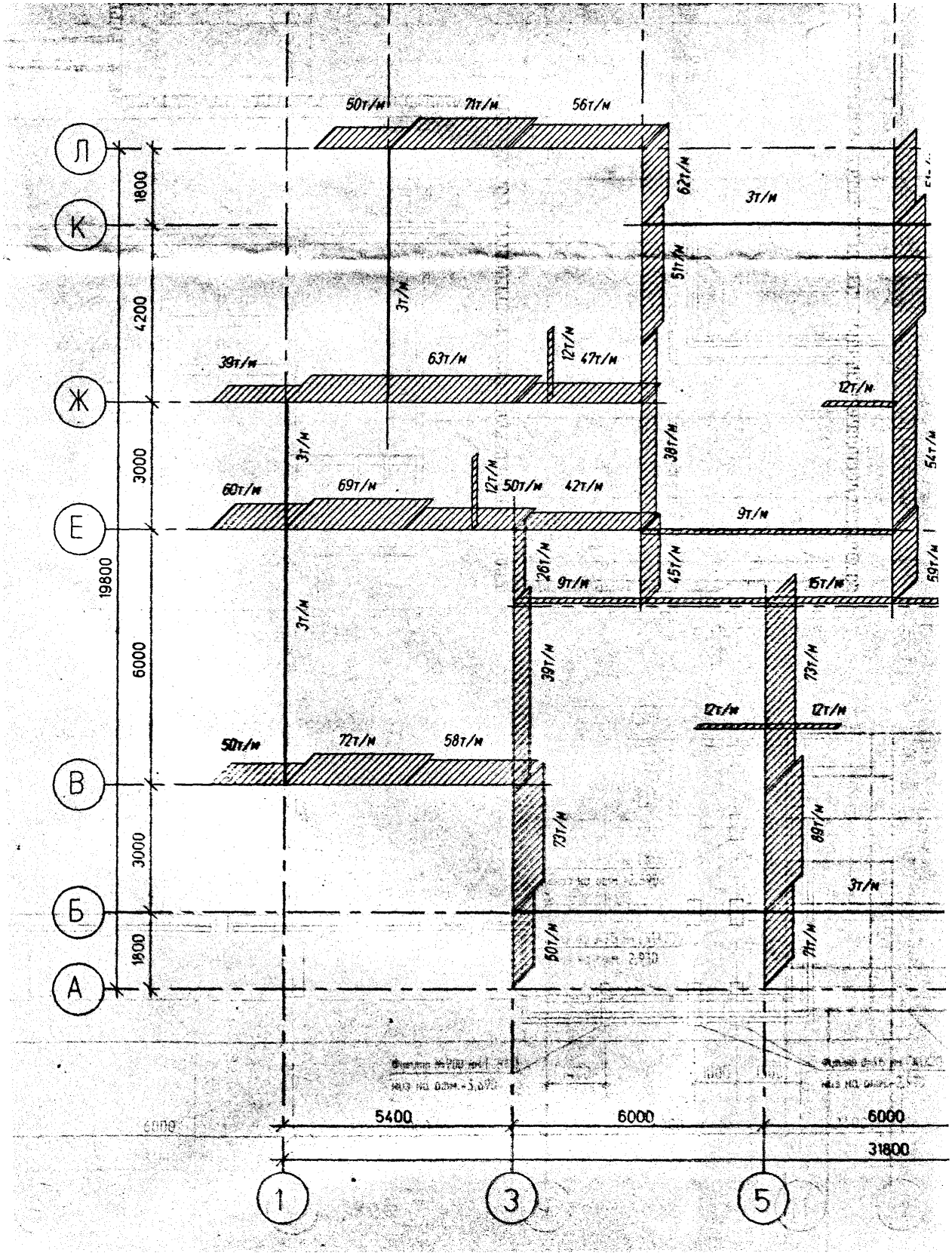
По архивным данным							По новейшим данным 2004г.							В таблице № 5 раздела 1.5 текста		
ИГЭ	Лаборатория						ИГЭ и РГЭ	Лаборатория			Статическое зондирование			Статистическая обработка		
	Инв.№ 789			Инв.№ 1856												
	Е E_{sat}	С C_{sat}	φ φ_{sat}	Е E_{sat}	С C_{sat}	φ φ_{sat}		Е E_{sat}	С C_{sat}	φ φ_{sat}	Е E_{sat}	С C_{sat}	φ φ_{sat}	Е E_{sat}	С C_{sat}	φ φ_{sat}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
-	МПа	МПа	град.	МПа	МПа	град.	-	МПа	МПа	град.	МПа	МПа	град.	МПа	МПа	град.
2	7.0 / 4.0	0.022 / 0.006*	23 / 22*	- / -	- / -	- / -	2	7.1 / 4.3	0.018 / 0.013	26 / 22*	10.5* / -	0.032* / -	23 / -	7.0 / 4.1	0.020 / 0.013	24 / 19
2б	6.3 / 4.5	0.017 / 0.010	23 / 21	6.5 / 6.0	0.020 / 0.010	21 / 20	2б/1	- / 7.3	- / -	- / -	5.8 / -	0.019 / -	18 / -	6.2 / 5.9	0.018 / 0.012	21 / 20
2в	4.5 / 3.5	0.014 / 0.008	20 / 18	6.0 / 5.0	0.017 / 0.008	20 / 18	2в/1	5.4 / 5.4	- / 0.018	- / 19	4.4 / -	0.015 / -	17 / -	5.6 / 4.6	0.015 / 0.011	19 / 18
							2в/2	7.8	0.025	22	4.4	0.016	17	5.6	0.014	18
2г	-	-	-	4.5	0.006	17	2г	5.7	0.014	24	3.5	0.012	16	4.1	0.010	16
3	7.5 / 4.0	0.016 / 0.006	25 / 23	8.5 / 5.3	0.017 / 0.005	25 / 23	3	8.4 / 5.5	- / 0.006	- / 24	12.2* / -	0.014 / -	22 / -	8.1 / 4.9	0.015 / 0.006	24 / 23
3а	8.0 / 6.0	0.018 / 0.008	26 / 25	11.7 / 8.8	0.020 / 0.010	26 / 24	3а/1	10.8 / 9.9	- / 0.005	- / 28*	11.5 / -	0.014 / -	21 / -	10.5 / 8.2	0.017 / 0.007	24 / 23
							3а/2	8.0 / 6.7	- / 0.005	- / 26	12.4 / -	0.015 / -	21* / -	10.0 / 7.1	0.018 / 0.008	25 / 24
3б	- / -	- / -	- / -	7.8 / 6.5	0.014 / 0.010	24 / 23	3б/1	5.9 / 5.4	- / 0.010*	- / 24*	6.8 / -	0.010 / -	18 / -	6.8 / 5.9	0.012 / 0.008	22 / 20
							3б/2	-	-	-	7.2	0.010	19	6.8	0.010	21

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
3в	-	-	-	5.5	0.006	22	3в	5.5	0.009	26*	6.1	0.007	17	5.7	0.007	19
4	11.5 / 9.0	0.005 / 0.002	32 / 27	13.7 / 9.0	0.005 / 0.002	29 / 27	4/1	7.9 / 7.6	- / 0.004	- / 30	13.1 / -	- / -	31 / -	11.5 / 8.5	0.005 / 0.003	30 / 28
							4/2	-	-	-	13.5	-	31	10.5	0.004	28
4а	12.0 / 10.0	0.002 / 0.000	30 / 28	20.0 / 16.0	0.002 / 0.000	30 / 29	4а	5.9 / 5.2	- / -	- / -	20.6 / -	- / -	34 / -	14.6 / 13.0	0.002 / 0.000	31 / 29

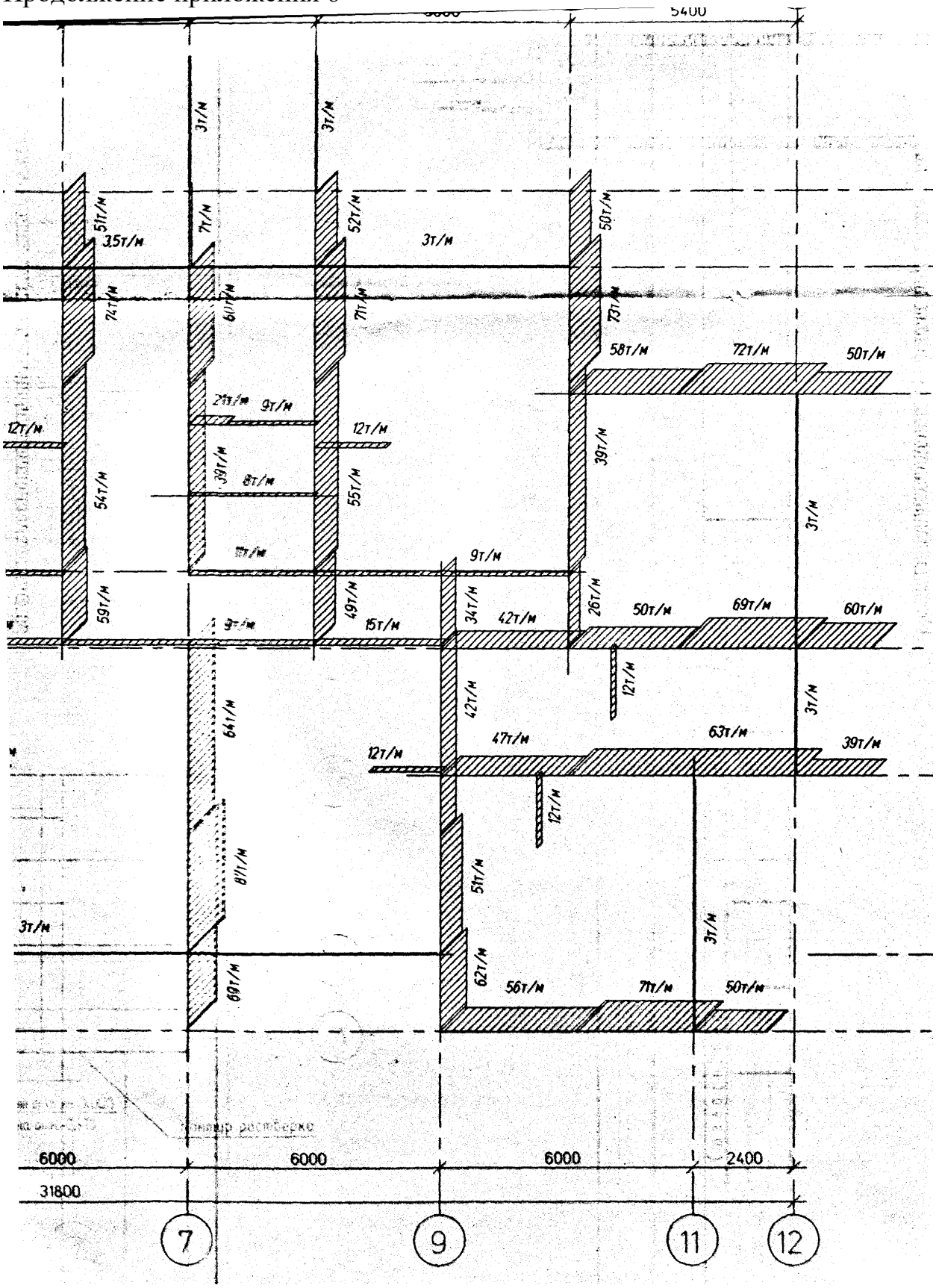
Примечания:

1. По архивным материалам в разрезах были выделены только ИГЭ.
2. В данной работе, согласно ГОСТ 20522-96, выделены ИГЭ и РГЭ.
3. Над чертой даны значения характеристик грунтов при природной влажности, под чертой – при полном водонасыщении.
4. РГЭ-2в/2, ИГЭ-2г, РГЭ-3б/2, ИГЭ-3в и ИГЭ-4 находятся в полностью водонасыщенном состоянии.
5. Значения, отмеченные (*) в расчеты не включены.

Приложение 6

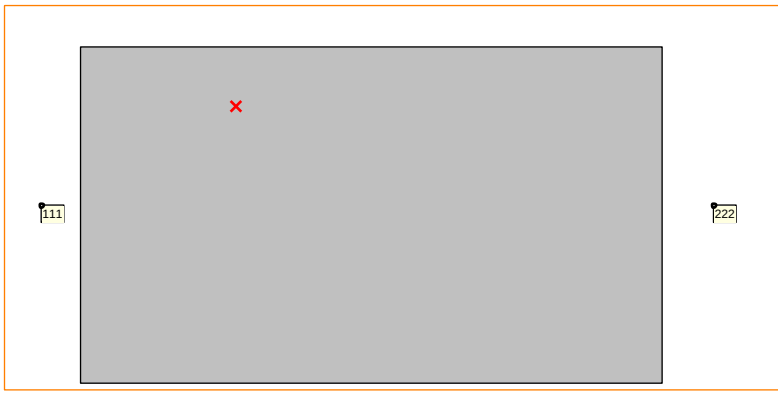


Продолжение приложения 6



Приложение 7

Схема площадки



Список грунтов

Наименование	Плотность Т/м^3	Модуль деформ. Т/м^2	Модуль упругости Т/м^2	Коэф. Пуассона	Коэф. переупл.	Давление переупл. Т/м^2
Супесь 3а	1,73	1530	6966,667	0,3	1	0
Песок 4	1,76	1510	7216,667	0,25	1	0
Супесь 3б	1,76	1600	5008,333	0,3	1	0
Супесь 3в	1,75	610	4841,667	0,35	1	0
Суглинок 3б	1,97	800	3908,333	0,35	1	0
Суглинок 2г	1,97	400	4008,333	0,35	1	0

Список скважин

Название	Координаты, м		Описание скважин		
1) 111	-2,5	11,5	Грунт	Отметка верхней границы, м	Скачок эффект. напр. Т/м^2
			Супесь 3а	0	0
			Песок 4	-1,8	0
			Супесь 3б	-3,2	0
			Супесь 3в	-9,4	0
			Суглинок 3б	-12	0
			Суглинок 2г	-15,2	0
			Суглинок 3б	-20	0
2) 222	41,5	11,5	Грунт	Отметка верхней границы, м	Скачок эффект. напр. Т/м^2
			Супесь 3а	0	0
			Песок 4	-2	0
			Супесь 3б	-3,8	0
			Супесь 3в	-9	0
			Суглинок 3б	-11,4	0
			Суглинок 2г	-14,6	0

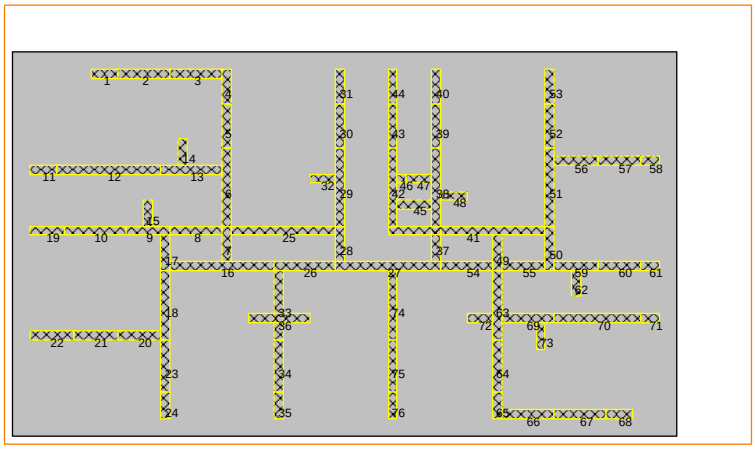
Суглинок 3б	-20	0

Нагрузка

Нагрузка на фундаментную плиту 2,25 Т/м^2
Отметка подошвы фундаментной плиты 0 м

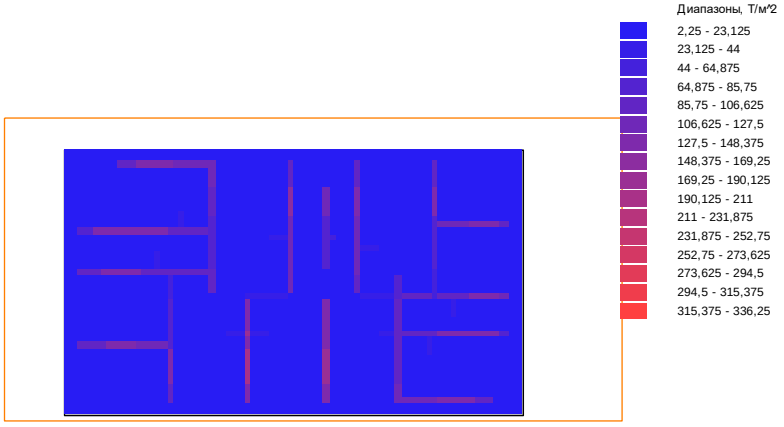
Нижняя отметка сжимаемой толщи определяется в точке с координатами: (15,154;23,041) м

Области с дополнительной нагрузкой



Номер области	Значение нагрузки, Т/м^2
1	100
2	142
3	112
4	124
5	102
6	76
7	90
8	84
9	100
10	138
11	78
12	126
13	94
14	24
15	24
16	18
17	52
18	78
19	100
20	116
21	144
22	100
23	146
24	100
25	18
26	30
27	18
28	118
29	108
30	148
31	102

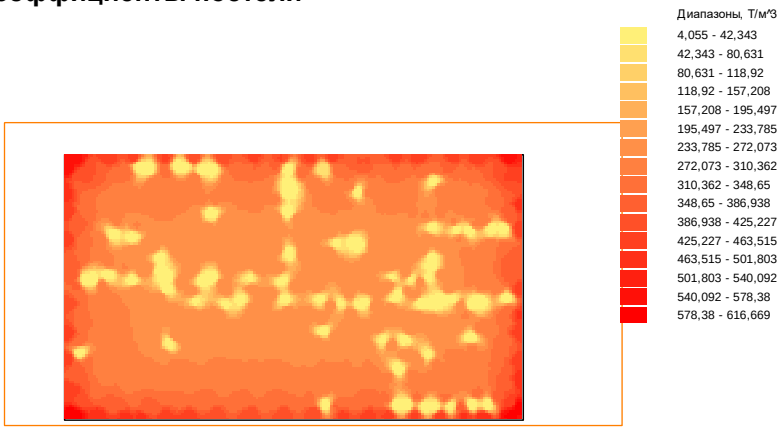
32	24
33	146
34	188
35	142
36	24
37	98
38	110
39	142
40	104
41	18
42	76
43	120
44	14
45	18
46	54
47	18
48	24
49	68
50	52
51	78
52	146
53	100
54	30
55	84
56	116
57	144
58	100
59	100
60	138
61	120
62	24
63	84
64	102
65	124
66	112
67	142
68	100
69	94
70	126
71	78
72	24
73	24
74	128
75	174
76	138



Результаты расчета

Минимальное значение коэффициента постели: 4,055 Т/м^3
Максимальное значение коэффициента постели: 616,669 Т/м^3
Среднее значение коэффициента постели: 267,593 Т/м^3
Среднеквадратичное отклонение коэффициента постели: 0,018
Суммарная нагрузка: 11070,102 Т
Отметка сжимаемой толщи определялась в точке с координатами (10,154;18,041) м
Нижняя отметка сжимаемой толщи в данной точке: -6,4 м
Толщина слоя сжимаемой толщи: 6,4 м
Максимальная осадка: 55,491 см
Средняя осадка: 4,477 см
Крен фундаментной плиты: 0,084 град

Коэффициенты постели



Осадка

Имя файла: H:\New\Project\Наб_Челны\Кросс\Поле нагрузок.crs

Приложение 8

ЛИР-ЛАРМ - локальный режим армирования

Проект - плита
09 January 2007 21:17

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ
Сечения - См Длины - М Напряжения - тс/м**2 Nx,Ny,Txy - тс/м**2 Mx,My,Mxy - (тс*м)/м Qx,Qy - тс/м
ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ
Класс бетона - B20 Расчетное сопротивление бетона на сжатие - 1170 Модуль упругости бетона - 2.75e+006 Класс продольной арматуры X - A-III Расчетное сопротивление продольной арматуры на растяжение - 37500 Модуль упругости продольной арматуры - 2e+007 Класс продольной арматуры Y - A-III Расчетное сопротивление продольной арматуры на растяжение - 37500 Модуль упругости продольной арматуры - 2e+007 Класс поперечной арматуры - A-I Расчетное сопротивление поперечной арматуры на растяжение - 23000 Модуль упругости поперечной арматуры - 2.1e+007 Расстояние к центру тяжести арматуры: снизу = 5 сверху = 3 Выполнен подбор арматуры по II предельному состоянию

Расчет на действие момента

ЭЛЕМЕНТ N= 1		Проект - плита		09 January 2007 21:17

Модуль армирования: Оболочка
Толщина пластины - 90.0
Класс бетона - B20
Класс продольной арматуры X - A-III
Класс поперечной арматуры - A-I
Расстояние к центру тяжести арматуры: снизу = 5 сверху = 3

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ

No	РСУ	Сейсм.	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Усилия или РСН										
1						30.00				

АРМАТУРА
Режим: Подбор арматуры

AS1	AS2	AS3	AS4	ASW1/100	ASW2/100	Тр.крат.	Тр.длит.
9.61	4.50	4.50	4.50				
9.61	4.50	4.50	4.50				

ЭЛЕМЕНТ N= 2		Проект - плита		09 January 2007 21:25

Модуль армирования: Оболочка
Толщина пластины - 90.0
Класс бетона - B20
Класс продольной арматуры X - A-III
Класс поперечной арматуры - A-I
Расстояние к центру тяжести арматуры: снизу = 5 сверху = 3

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ

No	РСУ	Сейсм.	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Усилия или РСН										
1							50.00			

АРМАТУРА
Режим: Подбор арматуры

AS1	AS2	AS3	AS4	ASW1/100	ASW2/100	Тр.крат.	Тр.длит.
4.50	4.50	16.24	4.50			0.01	0.01
4.50	4.50	16.24	4.50				

ЭЛЕМЕНТ N= 3		Проект - плита		09 January 2007 21:22

Модуль армирования: Оболочка
Толщина пластины - 90.0
Класс бетона - B20
Класс продольной арматуры X - A-III
Класс поперечной арматуры - A-I
Расстояние к центру тяжести арматуры: снизу = 5 сверху = 3

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ

No	РСУ	Сейсм.	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Усилия или РСН										
1						60.00				

АРМАТУРА
Режим: Подбор арматуры

AS1	AS2	AS3	AS4	ASW1/100	ASW2/100	Тр.крат.	Тр.длит.
19.63	4.50	4.50	4.50			0.02	0.02
19.63	4.50	4.50	4.50				

Расчет на действие поперечной силы

ЭЛЕМЕНТ N= 4		Проект - плита		09 January 2007 21:31

Модуль армирования: Оболочка
Толщина пластины - 90.0
Класс бетона - B20
Класс продольной арматуры X - A-III
Класс поперечной арматуры - A-I
Расстояние к центру тяжести арматуры: снизу = 5 сверху = 3

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ

No	РСУ	Сейсм.	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Усилия или РСН										
1									67.00	

АРМАТУРА
Режим: Подбор арматуры

AS1	AS2	AS3	AS4	ASW1/100	ASW2/100	Тр.крат.	Тр.длит.
4.50	4.50	4.50	4.50	4.57			
4.50	4.50	4.50	4.50				

ЭЛЕМЕНТ N= 5		Проект - плита		09 January 2007 21:32

Модуль армирования: Оболочка
Толщина пластины - 90.0
Класс бетона - B20
Класс продольной арматуры X - A-III
Класс поперечной арматуры - A-I
Расстояние к центру тяжести арматуры: снизу = 5 сверху = 3

УСИЛИЯ, СОЧЕТАНИЯ

No	РСУ	Сейсм.	Nx	Ny	Txy	Mx	My	Mxy	Qx	Qy
Усилия или РСН										
1									84.00	

АРМАТУРА
Режим: Подбор арматуры

AS1	AS2	AS3	AS4	ASW1/100	ASW2/100	Тр.крат.	Тр.длит.
4.50	4.50	4.50	4.50	7.83			
4.50	4.50	4.50	4.50				

В таблицах результатов армирования:

- AS1 - площадь нижней арматуры по направлению X [cm*cm/m];
- AS2 - площадь верхней арматуры по направлению X [cm*cm/m];
- AS3 - площадь нижней арматуры по направлению Y [cm*cm/m];
- AS4 - площадь верхней арматуры по направлению Y [cm*cm/m];
- ASW1 - арматура поперечная по направлению Y [cm*cm] при шаге 100 cm;
- ASW2 - арматура поперечная по направлению Y [cm*cm] при шаге 100 cm;
- T.кр - ширина непродолжительного раскрытия трещин [mm];
- T.дл - ширина продолжительного раскрытия трещин [mm].

СТРОКА 1 - полная арматура, подобранная по I и II группам предельных состояний, от кручения
СТРОКА 2 - арматура, подобранная по I группе предельных состояний

В таблице сочетаний:
B - сочетания, учитывающие все загружения
A - сочетания, учитывающие загружения, которые обладают длительностью
Сейсмика - C - обозначаются сочетание в котором есть сейсмическое загружение