Общество с ограниченной ответственностью
"Научно-инженерный центр
Тоннельной ассоциации"
(ООО "НИЦ Тоннельной ассоциации")

129344, г.Москва, ул. Енисейская, д. 7, стр. 4, комн. 10
Тел: (495)656-65-47
Факс: (495)656-65-48
e-mail: nizta@inbox.ru

Limited Liability Company
"Research and Engineering Center
Tunnel Association"
Ltd ("SIC Tunnel Association")

129344, Moscow, Eniseyskaya str., 7, build 4, room. 10
Tel: (495)656-65-47
Fax: (495)656-65-48
e-mail: nizta@inbox.ru

№ 093 3-2011-7716691200-П-087

УТВЕРЖДАЮ
Генеральный директор
ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»

проф., д.т.н. _____ М.Г. Зерцалов

Наименование темы (договора)

«Восстановление Загорской ГАЭС-2 на р. Кунье»

«Выравнивание существующих сооружений станционного узла»

Том 2. **Научно-технический отчет о численном моделировании процесса выравнивания здания ЗаГАЭС-2 по технологии компенсационного нагнетания.**

Д-14/052-2 ПЗ

Индекс (шифр) темы (договора)	Д-14/052 от 01.07.2014г.
Заказчик	ОАО «Гидропроект»

Научный руководитель
Профессор, д.т.н. В.Е. Меркин

Руководитель работ по теме (договору)
Главный инженер проекта А.Н. Симутин

Москва 2014 г.

СОСТАВ ПРОЕКТНОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Номер тома	Обозначение	Наименование	Примечание
1	Д-14/052 -1 ПЗ	Проект организации строительства подъема здания ЗаГАЭС-2 по технологии компенсационного нагнетания. Пояснительная записка.	
	Д-14/052 -1 Ч	Графическая часть.	
2	Д-14/052 -2 ПЗ	Научно-технический отчет о численном моделировании процесса выравнивания здания ЗаГАЭС-2 по технологии компенсационного нагнетания.	
3	Д-14/052 -3 ПЗ	Программа геотехнического мониторинга на период работ по подъему здания ЗаГАЭС-2. Пояснительная записка.	
	Д-14/052 -3 Ч	Графическая часть.	
4	Д-14/052 -4 СР	Смета на подъем здания ЗаГАЭС-2 по технологии компенсационного нагнетания.	

СОДЕРЖАНИЕ

Обозначение	Наименование	Примечание
	Состав проектной документации	Лист 2
	Содержание тома	Лист 3
	Пояснительная записка	
	Запись о соответствии документации действующим нормам и правилам	Лист 4
	1. Общие положения	Лист 5
	2. Цель и задачи научно-технического отчета	Лист 5
	3. Основные исходные данные	Лист 5
	4. Краткое описание проекта восстановления высотного положения здания ГАЭС	Лист 6
	5. Основные расчетные положения и расчетные схемы	Лист 16
	6. Результаты расчета.	Лист 17
	7. Выводы и рекомендации	Лист 19
	Приложения	
	А. Результаты численного моделирования в ПВК Z-Soil	Лист 21
	Б. Пример моделирования объемной деформации	Лист 36
	Д. Ведомость ссылочных и прилагаемых документов	Лист 39
	Е. Свидетельства и сертификаты	Лист 40

Согласовано

Взам. инв. №

Подп. И дата

Инв. № подл.

Изм.	Кол.уч	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Ген.дир.		Зерцалов			07.14
ГИП		Симутин			07.14
Н. контр.		Устименко			07.14

Д-14/052-2 ПЗ

Пояснительная записка

Стадия	Лист	Листов
П	3	45

ООО «НИЦ Тоннельной ассоциации»

Формат А4

Запись о соответствии документации действующим нормам и правилам

Настоящий раздел разработан в соответствии с требованиями действующих в Российской Федерации строительных норм и правил, государственных стандартов в области строительства, а также законодательных и других нормативных правовых актов в области гражданской обороны, защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, технических условий и исходных данных, выданных органами государственного надзора (контроля) и заинтересованными организациями при согласовании места размещения объекта и обеспечивает безопасную эксплуатацию зданий и сооружений при соблюдении предусмотренных проектом мероприятий.

В настоящем разделе проекта все технические решения приняты в полном соответствии с действующими на дату выпуска раздела проекта нормами и правилами.

При соблюдении правил технической эксплуатации, а также требований техники безопасности и промышленной безопасности, эксплуатация сооружений по данному проекту безопасна.

Положения настоящего раздела относятся только к проекту «Восстановление Загорской ГАЭС-2 на р. Кунье»

Главный инженер проекта А.Н. Симутин

1. Общие положения

В соответствии с договором №Д-14/052 от 01.07.2014 г., ООО «НИЦ Тоннельная Ассоциация» обязуется разработать проектно-сметную документацию при производстве работ выравнивания здания Загорской ГАЭС-2 методом компенсационного нагнетания.

2. Цель и задачи

Целью настоящего отчета является подтверждение, и при необходимости корректировка, выбранных технических и конструктивных решений, технологии и порядка выполнения работ по восстановлению планово-высотного положения здания Загорской ГАЭС-2 после случившихся непроектных осадок с помощью сертифицированного программно-вычислительного комплекса Z-Soil/

Задачей ставится восстановление высотного положения здания до проектных отметок, либо обеспечить выравнивание здания с учетом выполнения критерия оценки, как отклонение осей гидроагрегатов от вертикального положения не более 0,01.

3. Основные исходные данные

Материалы, переданные Заказчиком в качестве исходных данных:

3.1. Конструктивные и объемно-планировочные решения. Основные сооружения гидроузла. 1833-КР 4.2.2. Том 4.4.2.2

3.2. Конструктивные и объемно-планировочные решения. Природные условия. Инженерно-геологические условия и инженерно-геологическое обоснование. 1833-КР 2.3. Том 4.2.3

4. Краткое описание проекта восстановления высотного положения здания ГАЭС

Этап восстановления включает в себя комплекс работ по подъему здания Загорской ГАЭС-2. При этом допускается, что в результате проведения восстановительных работ отметка сооружений может отличаться от проектной. Считается допустимым выполнить выравнивание отметок между различными частями здания до расчетных значений при общей осадке здания в пределах 140 см.

В результате анализа вариантов восстановления (протокол совместного заседания Бюро НТС ОАО «РусГидро» и секции «Гидроэлектростанции и гидротехнические сооружения» НП «НТС ЕЭС» №1/2014 от 11 марта 2014 г. п.2.) к дальнейшей разработке рекомендуется метод компенсационного нагнетания для подъема здания ГАЭС.

Метод подъема по технологии компенсационного нагнетания предусматривает выполнение работ в 2 этапа: 1-й этап - предварительная подготовка массива, посредствам заполнения пор и пустот высокопроницающим раствором под низким давлением; 2-й этап - последующее компенсационное нагнетания инъекционного материала по горизонтам раствора с регулируемой вязкостью при проектном давлении и расходе (подробнее см. Д-14/052-1).

При выполнении работ учитываются следующие основные состояния здания ГАЭС, которые могут быть получены в результате восстановления:

Восстановление высотного положения здания ГАЭС до его проектных отметок.

Восстановление высотного положения здания ГАЭС, при котором оси агрегатов будут находиться в допусках 0,2 мм отклонения от вертикального положения на 1 м длины оси.

5. Основные расчетные положения и расчетные схемы

5.1 Поставленная задача решалась с помощью метода конечных элементов (МКЭ), который является численным методом решения задач механики сплошной среды. Исследования и реализация МКЭ выполнялись на базе современной компьютерной программы геотехнических расчетов «Z_Soil 11.15» (Швейцария).

5.2 Программный продукт «Z_Soil 11.15» совмещает наиболее полный набор возможностей решения геотехнических задач (корректный учёт свойств грунтов и конструкционных материалов, последовательность возведения сооружений и т.д.) с их реализацией на персональных ЭВМ. Программа успешно эксплуатируется более чем в 2000 организациях во многих странах мира. Благодаря накопленному опыту, программа Z_Soil в настоящее время обеспечивает надежное решение задач механики грунтов и скальных пород в рамках унифицированного подхода. Для решения рассматриваемой задачи использовалась версия этой программы (Z_Soil 3D v.11.15).

5.3 Принятые допущения:

5.3.1 Расчет осуществляется на основе пространственной постановки задачи в программно-вычислительном комплексе (ПВК) «Z_Soil 11.15». Пространственная система координат задается горизонтальной и вертикальной осями X и Y соответственно и введением горизонтальной оси Z, перпендикулярной плоскости XY.

5.3.2 Геометрическая схема расчетной модели строится на основе фактического расположения сооружений и соответствующих инженерно-геологических элементов заданных по имеющимся геологическим скважинам.

5.3.3 Граничные условия задаются стандартным образом - путем фиксации боковых границ геометрической модели от горизонтальных, а нижней – от горизонтальных и вертикальных перемещений.

5.3.4 Грунтовый массив и все конструкции модели находятся под действием массовых сил, обусловленных гравитацией.

5.3.5 Действие поверхностных распределенных и сосредоточенных сил моделируется в соответствии с исходными данными.

5.3.6 Поведение конструкций сооружений моделируется как фактическим моделированием объема, так и заданием балочных элементов(beam) или для моделирования конструкций имеющих значительную жесткость на изгиб и нормальную (осевую) жесткость по сравнению с окружающим грунтовым массивом, могут использоваться структурные объекты, называемые оболочками, которые в свою очередь различаются на объемные и плоские. Теория допускает прогиб оболочки под действием сдвигающей нагрузки и ее изгиб. Кроме того, длина элемента может изменяться под действием осевой нагрузки. Оболочки могут стать пластичными при достижении максимального изгибающего момента или максимальной осевой нагрузки. Поведение данных материалов в данном проекте описываются линейной (линейно-упругой) моделью.

Таблица 5.1. *Физико-механические характеристики задаваемые для элементов конструкций.*

Символ	Название	Размерность
γ	Удельный вес материала	$кН/м^3$
E	Модуль деформации	$кН/м^2$
v	Коэффициент Пуассона	-
A	Площадь поперечного сечения (задается только для балочных элементов)	$кН/м^2$
I_x, I_y, I_z	Момент инерции для сечений относительно	$кН/м^2$

	осей x, y, z (задается только для балочных элементов)	
th	толщина плоской оболочки (только для shell one layer)	*м*

5.3.7 Поведение грунтов описывается нелинейными (упругопластическими) моделями, такими как: Мора-Кулона и Друккера-Прагера(см. таб. 5.2) и моделью упрочняющегося грунта Hardening Soil (см. таб. 5.3).

Таблица 5.2. *Физико-механические характеристики задаваемые для моделей Мора-Кулона и Друккера-Прагера*

Символ	Название	Размерность
γ	Удельный вес материала	$кН/м^3$
γ_D	Удельный вес влажного материала	$кН/м^3$
W	Влажность	*%*
e_0	Коэффициент пористости	-
k_x, k_y, k_z	Коэффициенты фильтрации относительно осей x, y, z	*м/сут*
E	Модуль деформации	$кН/м^2$
ν	Коэффициент Пуассона	-
c	Сцепление	$кН/м^2$
φ	Угол внутреннего трения	*град.*
ψ	Угол дилатансии, принимает значения $0 \le \psi \le \phi$	*град.*

Таблица 5.3. *Физико-механические характеристики задаваемые для модели упрочняющегося грунта*

Символ	Название	Размерность
γ	Удельный вес материала	*кН/м*^{3}
γ_D	Удельный вес влажного материала	*кН/м*^{3}
W	Влажность	*%*
e_0	Коэффициент пористости	-
k_x, k_y, k_z	Коэффициенты фильтрации относительно осей x, y, z	*м/сут*
E_{50}^{ref}	Модуль деформации (секущий)	*кН/м*^{2}
E_{oed}^{ref}	Модуль деформации (касательный)	*кН/м*^{2}
E_{ur}^{ref}	Модуль деформации разгрузки (секущий)	*кН/м*^{2}
K_0	Коэффициент бокового давления грунта	-
OCR	Коэффициент переуплотнения грунта	-
m	Степенной показатель жесткости	-
σ_{oed}^{ref}	Напряжение при определение E_{oed}^{ref}	*кН/м*^{2}
σ_{ref}	Напряжение при определение E_{50}^{ref}, E_{ur}^{ref}	*кН/м*^{2}
v	Коэффициент Пуассона	-
v_{ur}	Коэффициент Пуассона при разгрузке	-
c	Сцепление	*кН/м*^{2}
φ	Угол внутреннего трения	*град.*
ψ	Угол дилатансии,принимает значения $0 \le \psi \le \phi$	*град.*

5.3.8 Поровое давление воды, характеризующее гидростатические условия, устанавливается в соответствии с уровнями грунтовых вод (УГВ).

5.3.9 Для моделирования поведения материалов с разной жесткостью на их контакте (пример бетон-грунт) используется контактный элемент (см. таб. 5.4)

Таблица 5.4. *Параметры контактного элемента*

Символ	Название	Размерность
K_n	Нормальная жесткость	*кН/м*^{3}
K_s	Касательная жесткость	*кН/м*^{3}
c	Сцепление	*кН/м*^{2}
φ	Угол внутреннего трения	*град.*

5.3.10 Начальное напряженное состояние грунтового массива, предшествующее подъему и учитывающее ранее построенные сооружения на поверхности, вычисляется на первой стадии расчета - Initial State.

5.3.11 Моделирование пропитки грунта выполняется за счет присвоения графиков изменения во времени начальных физических, деформационных и прочностных характеристик грунта, в соответствии с последовательностью предложенной проектом.

5.3.12 Моделирование строительного подъема объекта выполняется на второй стадии расчета (стадия состоит из нескольких этапов моделирования согласно проектной последовательности).

5.3.13 Строительный подъем моделируется объемной деформацией кластеров сетки конечных элементов, расположенных в основании здания ЗаГАЭС в соответствии с проектом. Объемная деформация задается коэффициентом максимальной дополнительная деформация $\triangle\varepsilon_0$ в плоскостях x,y,z ($\triangle\varepsilon_0 = \triangle\varepsilon_{x0} = \triangle\varepsilon_{y0} = \triangle\varepsilon_{z0}$), в случае когда по разным плоскостям окружающие конечные элементы имеют разные жесткости то соотношение развития допол-

нительных деформаций такое же как и соотношение жесткостей, при этом объем в любом случае увеличивается на величину $(\triangle\varepsilon_0 + 1)^3$, для всех кластеров помимо этого существует привязка к графику изменения коэффициента $\triangle\varepsilon_0$ во времени, таким образом регулируется зона, величина и последовательность инъектирования раствора КН-2 на этапе компенсационного нагнетания.

5.3.14 В связи с тем что в проектном решение предполагается использование растворов с замедленным твердением, необходима оценка поведения здания при подъеме с учетом снижения сдвиговой жесткости в зоне инъектирования, для этого используется контактный элемент(см. п. 5.3.9), который закладывается по плоскости всей зоны нагнетания в основании сооружения.

5.3.15 Таким образом конечная форма инъецированного раствора и его воздействие определяется напряженным состоянием и деформационными параметрами окружающего грунта (см. приложение Б).

5.3.16 С учетом того что вне зависимости от напряженного состояния и деформационных характеристик объемная деформация достигает заданного конечного значения увеличения объема, принимается, что давление насосной установки для каждого этапа соответствовало минимально требуемому для данного действия. Для практического назначения максимального давления насосной установки для выбранного горизонта в соответствии с назначенным конечным объемом рекомендуется использовать аналитический метод (см. Д-14/052-1 ПЗ, приложение Г).

5.3.17 Производится расчет параметров, характеризующих состояние грунтового массива и конструкций здания ГАЭС на промежуточных этапах и по окончанию строительства объекта:

- поле деформаций и перемещений грунтового массива (мульда осадок/выпора);
- деформация и общее смещение конструкций сооружений;

- напряжения в конструкциях здания ГАЭС.
- выполняется анализ полученных результатов, даются основные выводы: оценка надежности и устойчивости здания ГАЭС, рекомендации по последовательности инъектирования и разовым объемам.

5.4 Последовательность моделирования:

5.4.1. Этап расчета начального напряженно-деформированного состояния предшествующего развитию непроектных осадок.

5.4.2. Этап моделирования развития непроектных осадок. Опытным путем был подобран объем грунта в основании здания (см. рис. 5.1), которому присваиваются изменяемые прочностные, деформационные и фильтрационные характеристики. За счет этого моделируются суффозионные процессы, по средствам увеличения коэффициентов фильтрации и пористости, а так же снижением модуля деформации, что позволяет добиться изменения планово-высотного положения здания ГАЭС в соответствии с фактическими значениями.

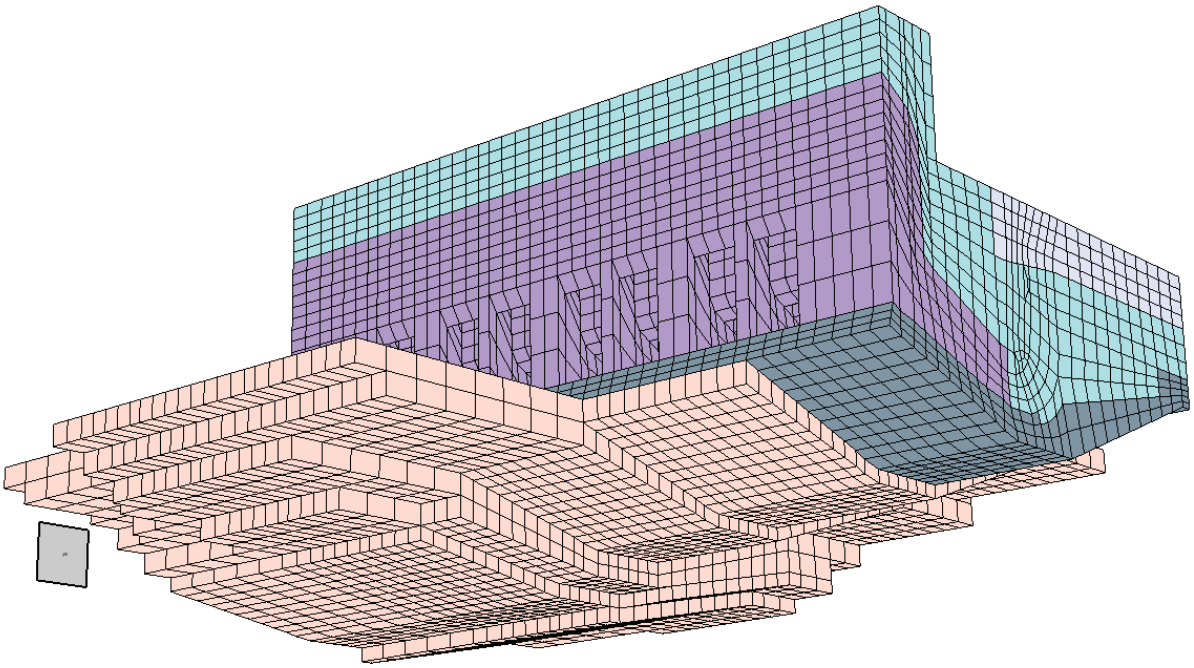


Рис. 5.1 Объем грунта(бежевый цвет) для моделирования суффозионных процессов при проявлении не проектных осадок

5.4.2. Для массива подвергшегося суффозионным процессам задается замена материала на первоначальный, таким образом моделируются работы по стабилизации основания. В данном варианте рассматривается пессимистичный вариант, в котором работы по стабилизации существенно не улучшают прочностные и деформационные характеристики основания по сравнению с окружающим массивом.

5.4.3. Этап моделирования подъема. Опытным путем была подобрана зона площадь достаточная для равномерного подъема, с учетом максимальных удельных объемов и оперения здания на основание со стороны правого берега не подвергшегося суффозионным процессам. Последовательность увеличения объема конечных элементов во времени, обусловлена нагнетанием в первую очередь в зонах с максимальной осадкой, и с большими значениями коэффициента объемной деформации.

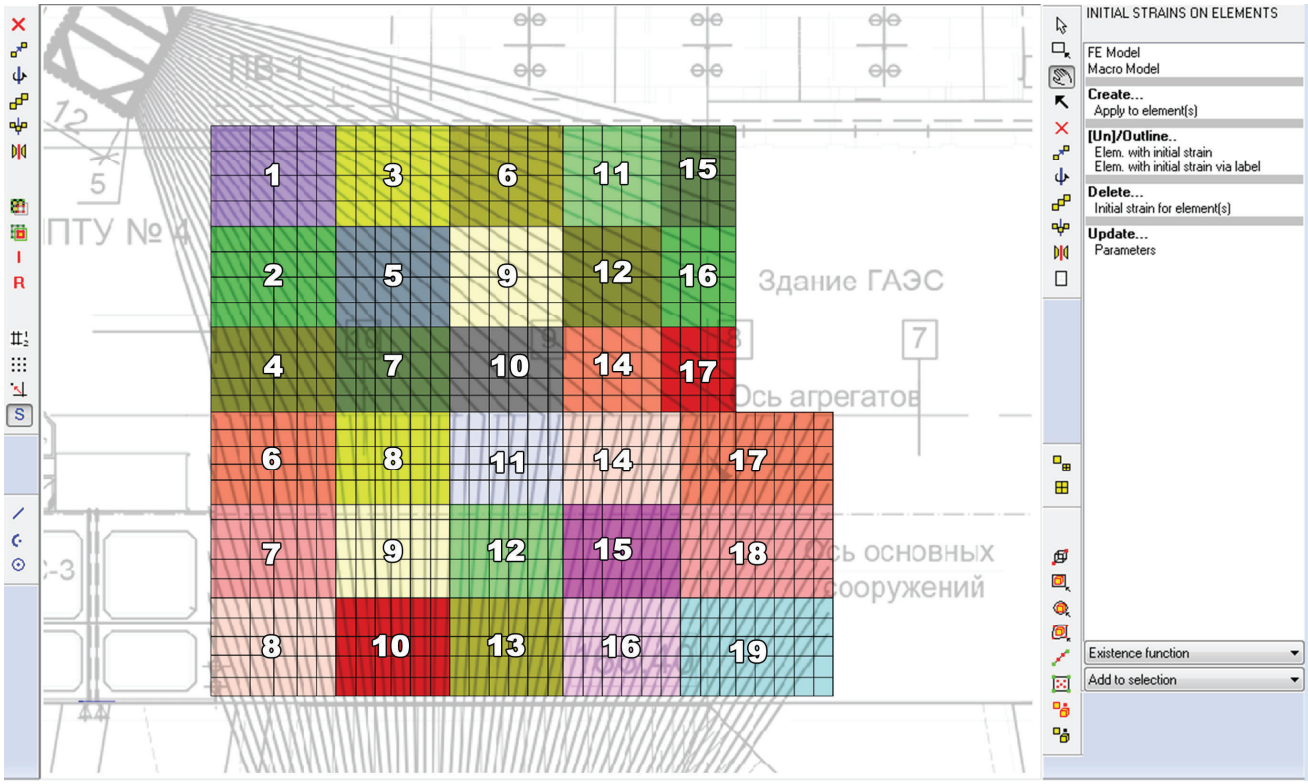


Рис.5.2. Последовательность моделирования объемной деформации по зонам.

5.4.4. В зоне установки инъекторов перед созданием увеличения объема в зоне нагнетания моделируется пропитка массива посредством изменения деформационных характеристик во времени.

5.4.5. Для оценки возможности опрокидывания здания ГАЭС с учетом снижения сдвиговой прочности на всей площади ведения компенсационного нагнетания, задается контактный элемент (рис. 5.3).

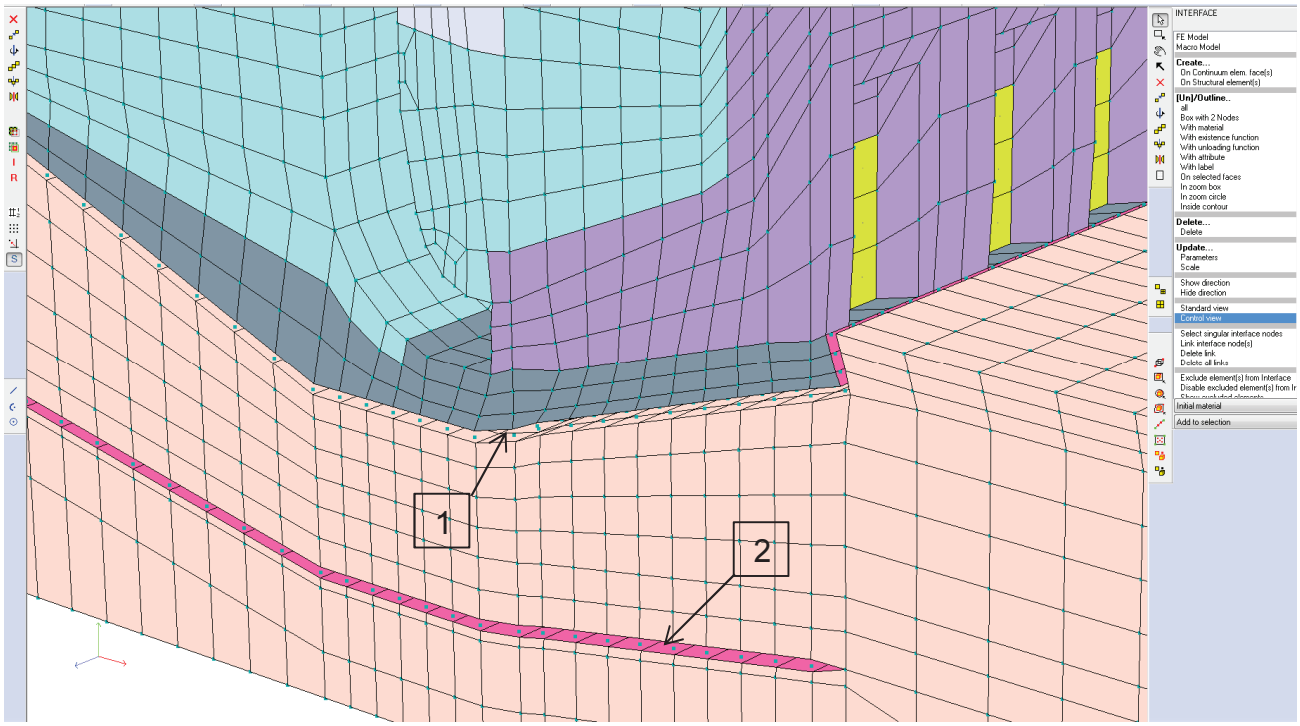


Рис.5.3. Контрольный вид контактных элементов между подошвой фундамента и основанием(1), а также в зоне компенсационного нагнетания(2)

Для контактного элемента закладываются параметры нормальной (K_n) и касательной(K_s) жесткостей.

Нормальная жесткость задается в соответствии с характеристиками грунтов. Касательная жесткость задается пониженной, позволяя свободно перемещаться слоям грунта относительно друг друга. Таким образом, снижается сдвиговая прочность по оси зоны инъекций почти до 0.

5.4.5. В зоне установки инъекторов моделируется последовательная объемная деформация для создания строительного подъема здания, разовые объемные деформации были подобраны с учетом требования не допущения развития сверхнормативных растягивающих напряжений на подошве, что привело бы к трещинообразованию.

Критерием оценки мониторинга высотного положения для данного здания ГАЭС является выгиб до 0,0005.

6. Результаты расчета.

6.1. Результаты численных расчётов для расчетной пространственной модели приведены в графическом виде в приложении А на рисунках А.8-А.29. На основании расчета в таблице 6.1 представлены основные относительные значения высотного положения точек здания ГАЭС (см. рис. 6.1) для основных этапов моделирования.

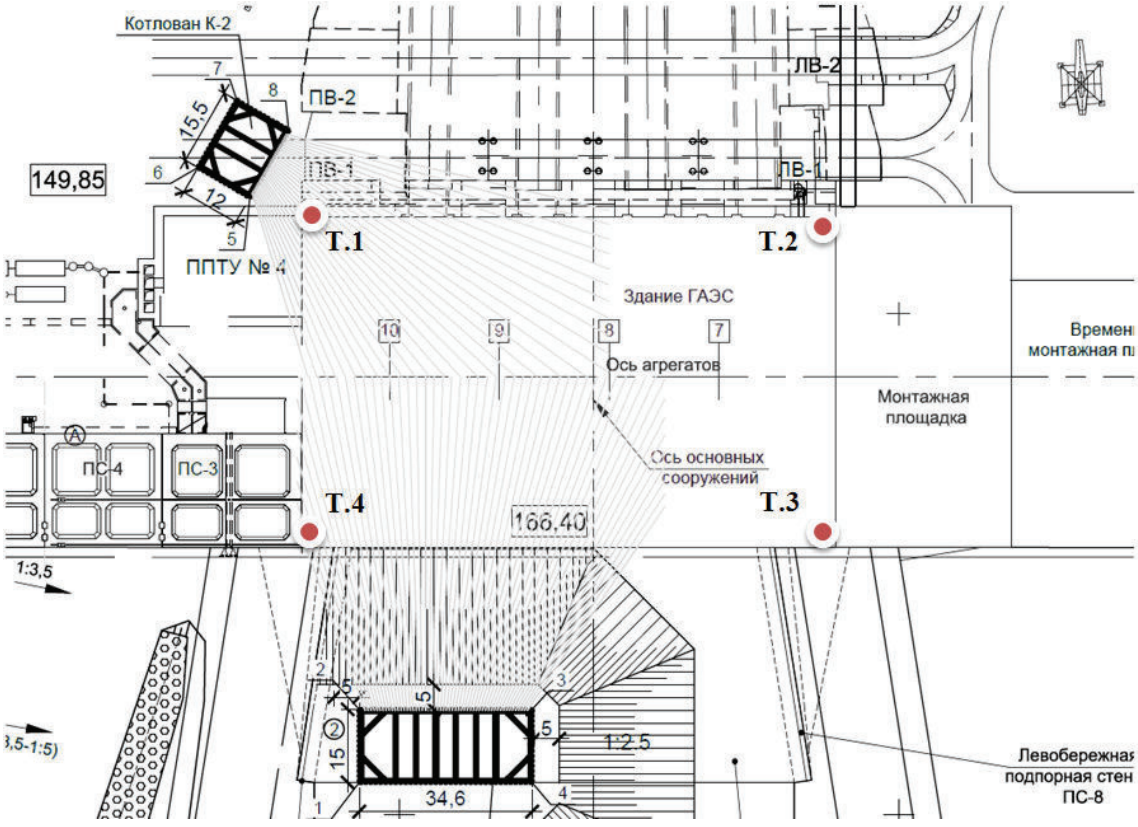


Рис. 6.1. Ситуационный план с указание высотных точек здания ГАЭС

Таблица 6.1. Высотное положение здания ГАЭС-2

Номер точки	Высотное положение (относительные отметки*), м		
	На момент проявления осадок		На момент завершения подъема
	Фактически	По расчету	
Т.1	-1,414	-1,394	0,05
Т.2	-0,281	-0,256	0,065
Т.3	-0,90	-0,97	0,09
Т.4	0,04	0,05	0,075

* — за 0 принимается проектное значение высотного положения

На момент окончания моделирования подъема отклонение осей гидроагрегатов от вертикального положения составляет 0,0003 при критерии не более 0,01.

6.2 На основе результатов моделирования было произведено сравнение напряженного состояния здания ГАЭС(см. рис. А.22-А.28) на момент проявления не проектных осадок и на этапе завершения подъема (см. таб. 6.2)

Нормальные напряжения по площадкам Y,X,Z	Диапазон напряжений, кН/м²	
	На момент проявления осадок	На момент завершения подъема
σ_{YY}*	-3773,8…625,1	-2346,4…304,2
σ_{XX}*	-2721,2…1217,4	-2631,8…985,3
σ_{ZZ}*	-8282,4…4207,6	-2008,75…816,6

* σ_{YY} — напряжения в горизонтальной площадке; σ_{XX}— напряжения в продольной вертикальной площадке относительно здания ГАЭС; σ_{ZZ} — напряжения в поперечной вертикальной площадке относительно здания ГАЭС.

6.3. При расчете был подобран максимальный объем разовой инъекции на манжету равный 50 литрам и отвечающий требованию недопущения сверхнормативных растягивающих напряжений приводящих к развитию трещин, которое в свою очередь является критерием оценки, а именно недопущение выгиба нижней части здания более 0,0005.

6.4. Оценка выпора дневной поверхности грунта со стороны верхнего и нижнего бьефа на момент окончания подъема составляют соответственно 1,2 и 0,85 м (см. рис. А.29).

Выводы и рекомендации:

На основании представленных исходных данных методом математического моделирования проведено исследование возможности подъема здания Загорской ГАЭС-2 с помощью технологи компенсационного нагнетания.

7.1. По полученным результатам можно сделать вывод о возможности выравнивания здания до проектных отметок с применением конструктивных и технологических решений, принятых в проекте организации строительства по подъему здания ЗаГАЭС-2 методом компенсационного нагнетания (см. таб. 6.1).

7.2. По результатам расчета и учитывая требование по недопущению сверхнормативных растягивающих напряжений и сопутствующих этому развитию трещин в основании флютбета (подошве фундамента) здания ГАЭС, рекомендуется установить максимальный разовый объем на манжету до 50 л.

7.3. По результатам расчета назначается критерий оценки для мониторинга подъема в виде максимально допустимого выгиба нижней части здания равного 0,0005, с целью недопущения сверхнормативных растягивающих напряжений приводящих к развитию трещин.

7.4. Анализируя напряженное состояние железобетонных конструкций здания ГАЭС на момент проявления не проектных осадок и после подъема, можно сделать вывод о снижении максимальных значений растягивающих (до 80%) и сжимающих напряжений(до 75%) в процессе восстановления высотного положения здания (см. таб. 6.2), что является положительным фактором для статической работы конструкций и технического состояния сооружения.

7.5. Рекомендуемая последовательность инъектирования, обусловленная планово-высотным положением здания ГАЭС, предполагает выполнение инъектирования в первую очередь в зонах с максимальной осадкой, начиная с нижних ярусов и при условии ведения мониторинга в режиме реального времени.

7.6. Расчет по пессимистичному (практически не реальному) варианту подъема здания ЗаГАЭС-2, проведенный с учетом снижения сдвиговой прочности грунтового массива (почти до нуля) по всей зоне инъектирования, исходя из применения растворов с медленным твердением, показал, что подъем не представляется опасным со стороны возможности опрокидывания здания ЗаГАЭС.

Факторами, положительно влияющими, на обеспечение устойчивости сооружения при подъеме здания в данном случае являются:

- грунтовые массивы мощностью от 15 метров находящиеся над зоной нагнетания и по контуру здания ГАЭС, обеспечивающие за счет пассивного давления грунта дополнительную устойчивость призмы подъема;

- схема здания в поперечном направлении, характерная широкой подошвой здания относительно его высоты, способствует несущественному приросту опрокидывающего момента при развитии крена здания;

- штатное использование средств геотехнического мониторинга планово-высотного положения здания ГАЭС в реальном времени, с корретировкой зон нагнетания с учетом получаемых данных мониторинга

- расчетная круглоцилиндрическая поверхность обрушения радиусом порядка 60 м расположенная в зоне нагнетания, для опрокидывания здания по которой, требуется крен и опрокидывающий момент, недостижимые при ведении работ в рамках проектных конструктивных и технических решений по подъему.

Приложение А. Результаты численного моделирования в ПВК Z-Soil

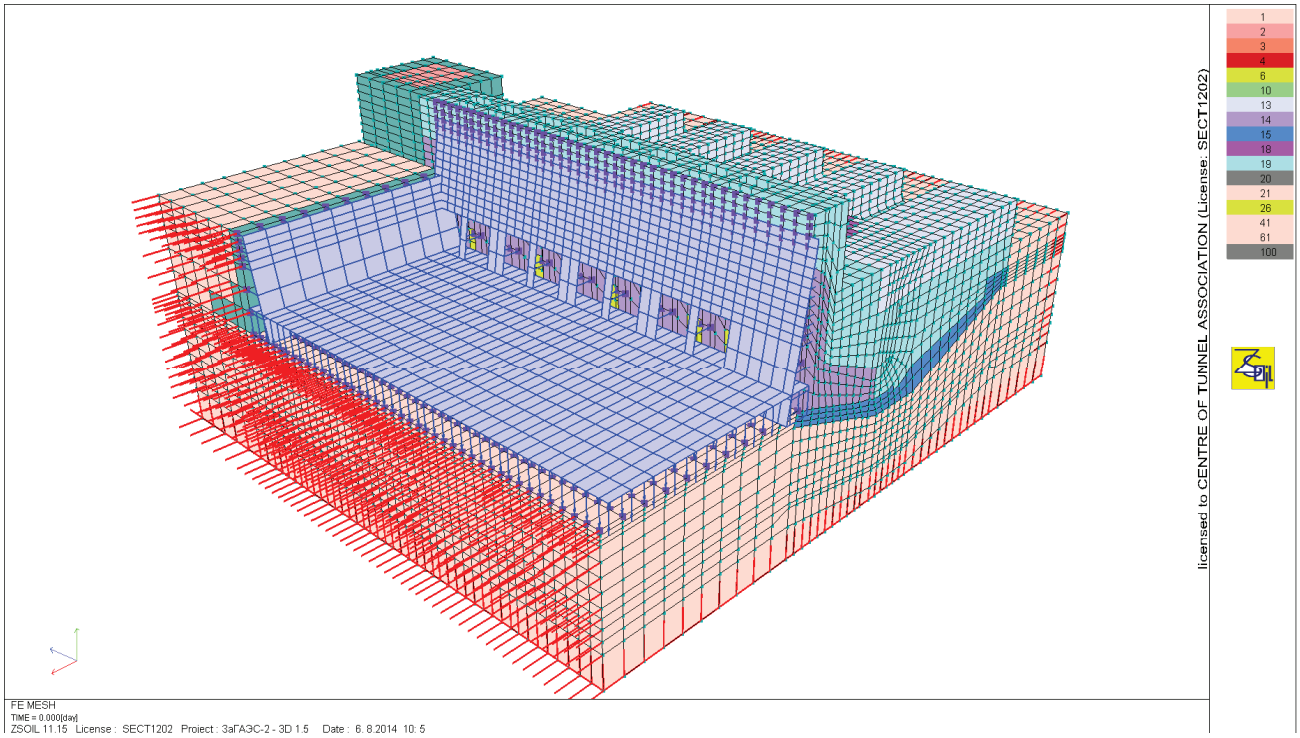


Рис.А.1. Расчетная схема в ПВК Z_Soil

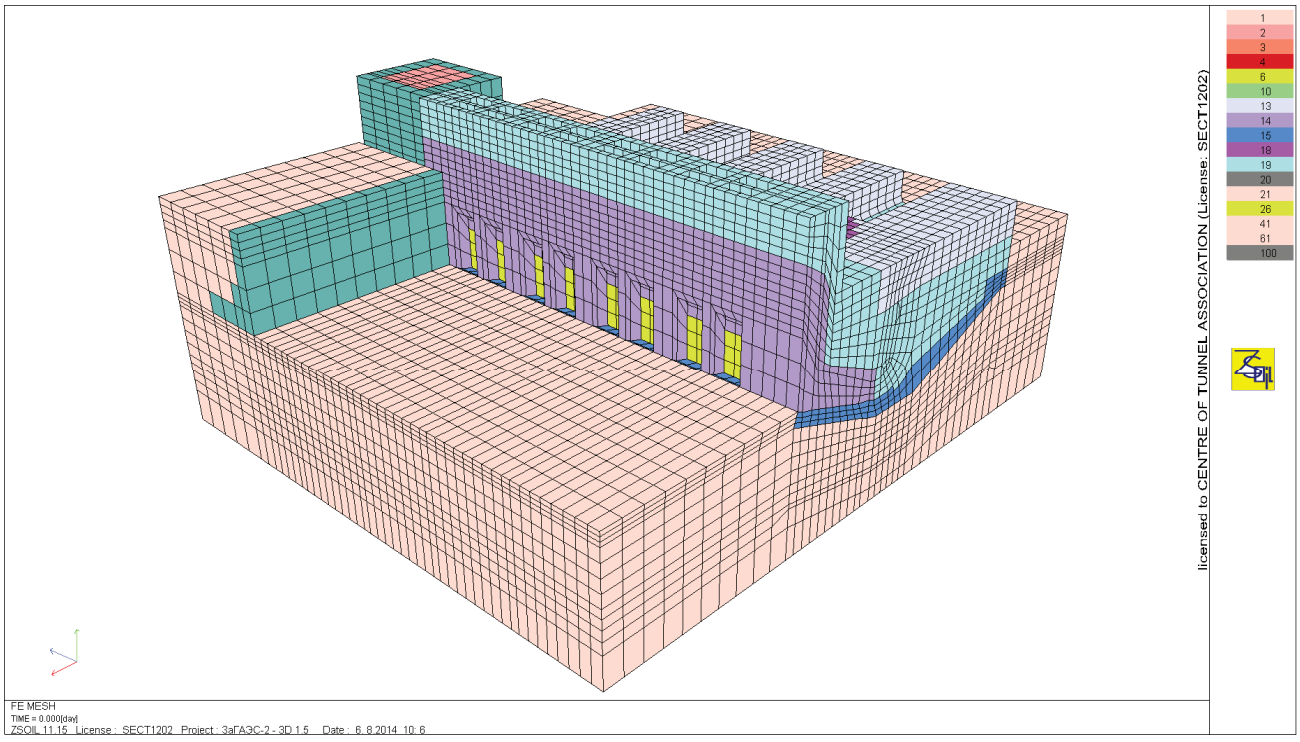


Рис.А.2. Расчетная схема в ПВК Z_Soil

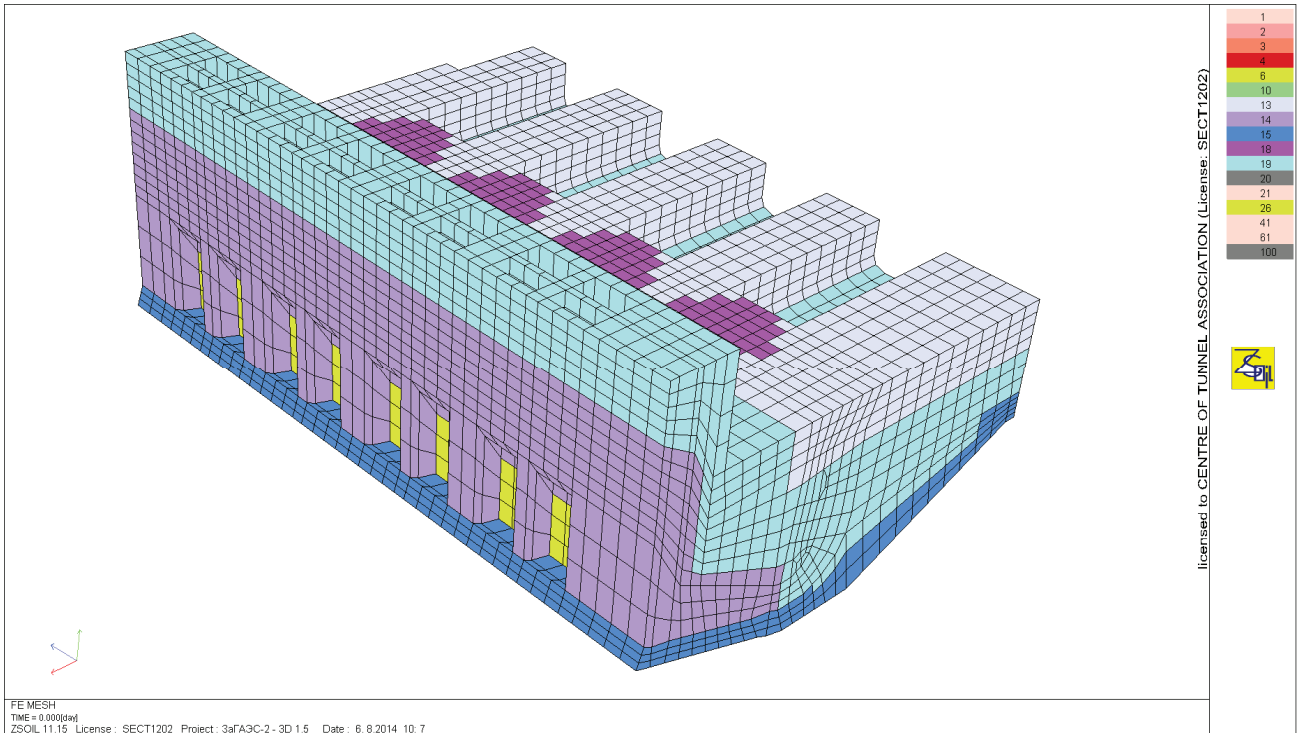


Рис.А.3. Модель здания ГАЭС с учетом зонирования бетона

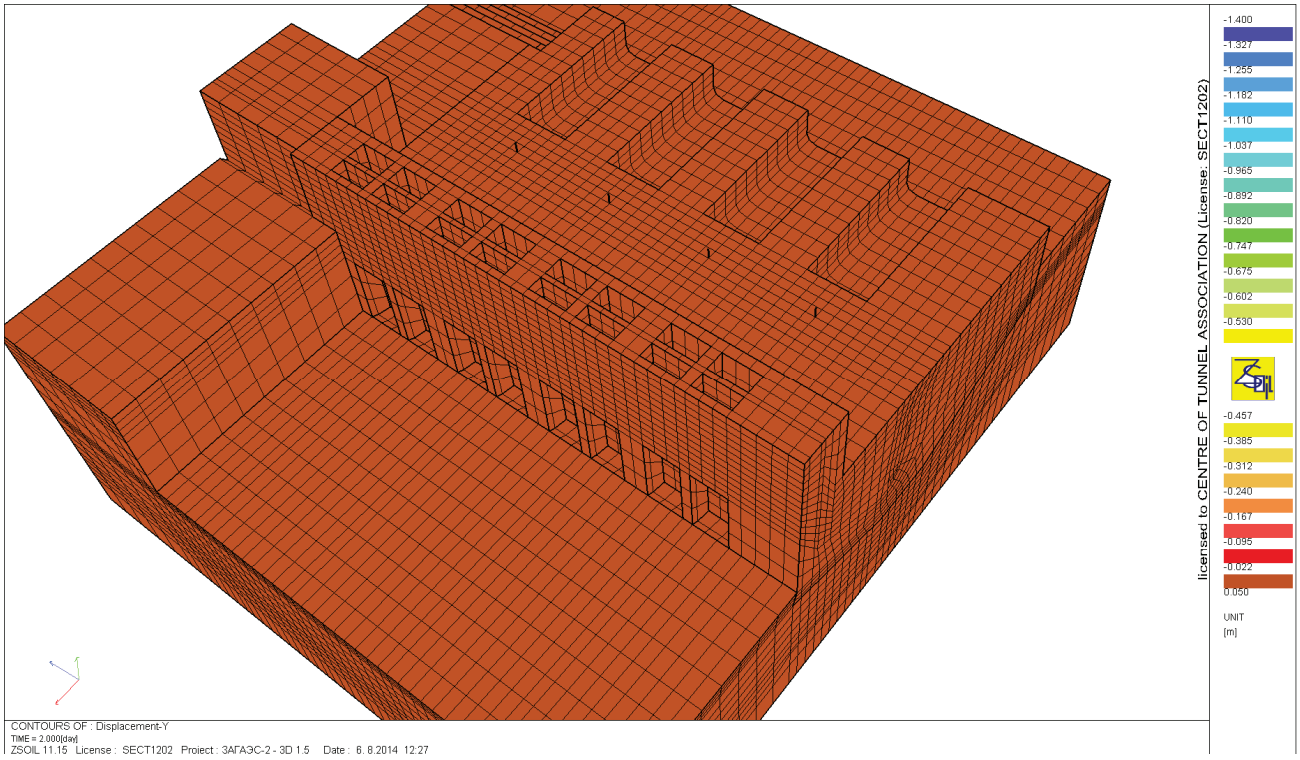


Рис.А.4. Изополя вертикальных перемещений на начальном этапе

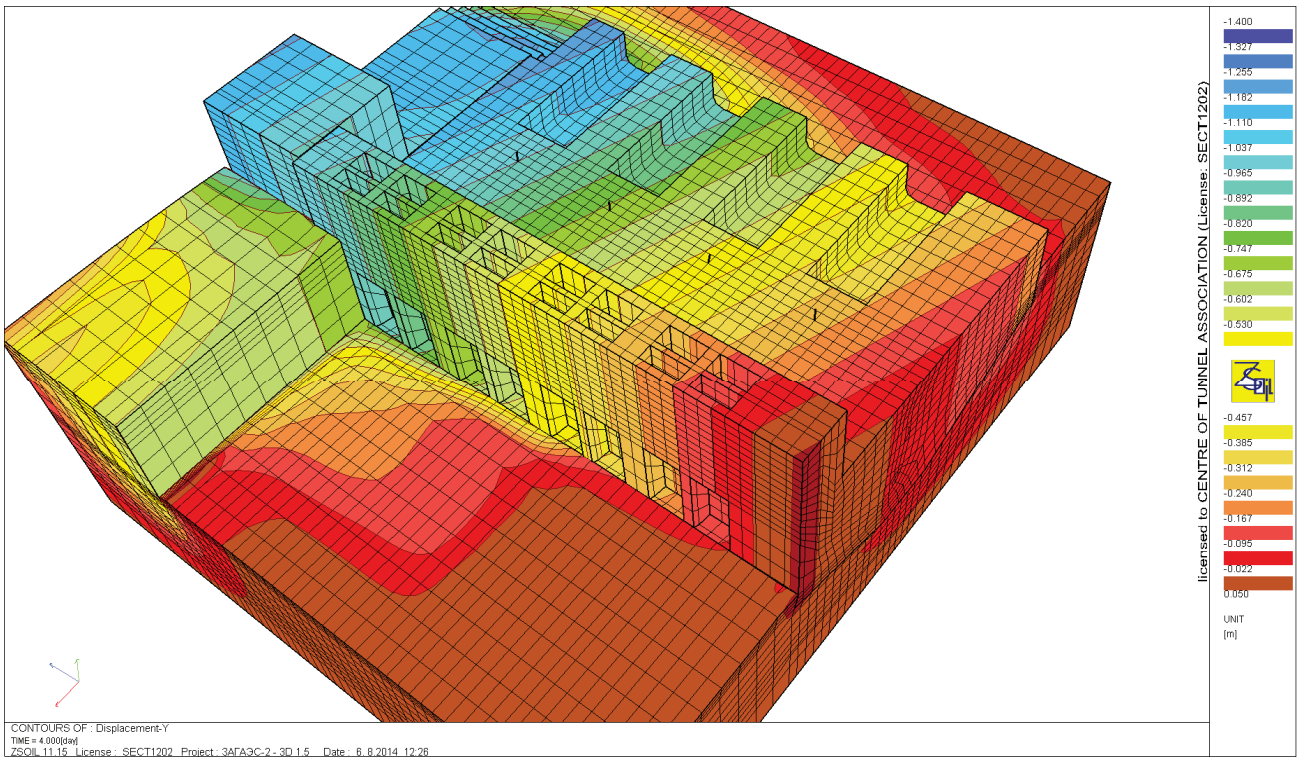


Рис.А.5. Изополя вертикальных перемещений после развития непроектных осадок

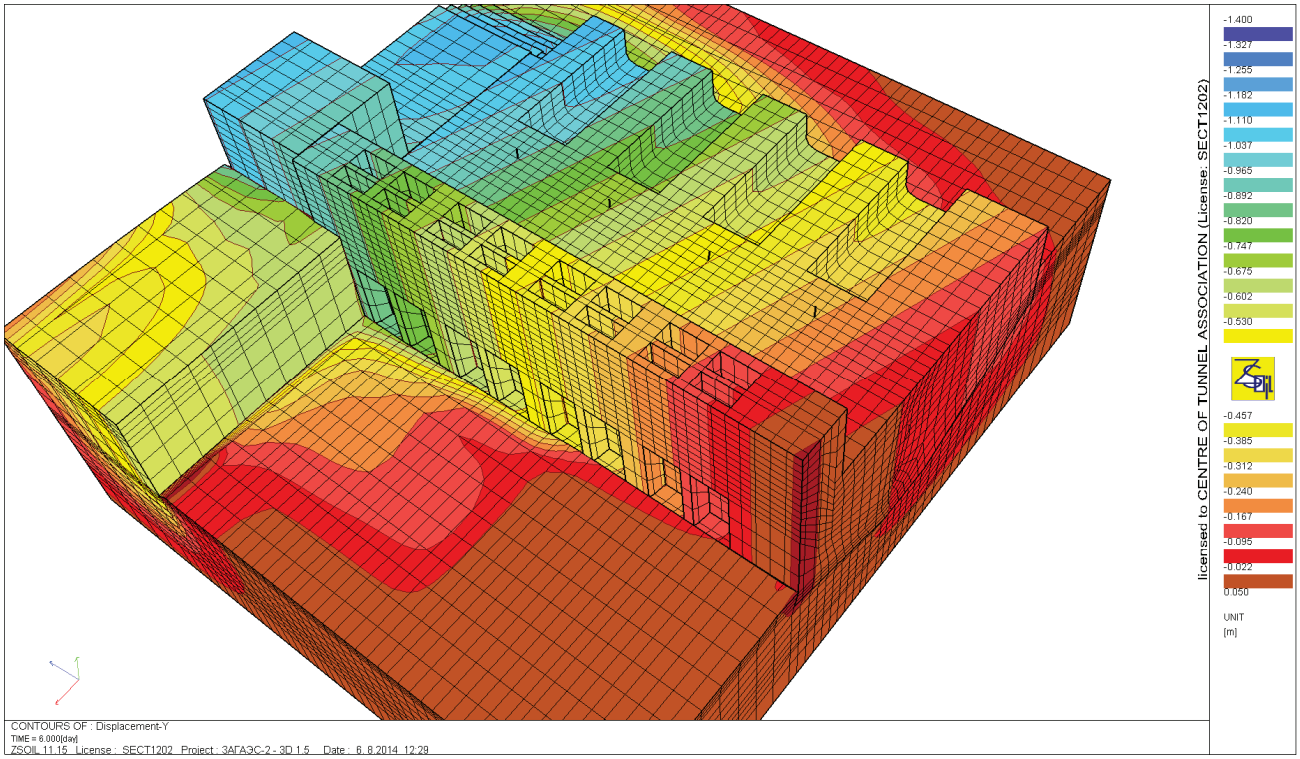


Рис.А.6. Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №6

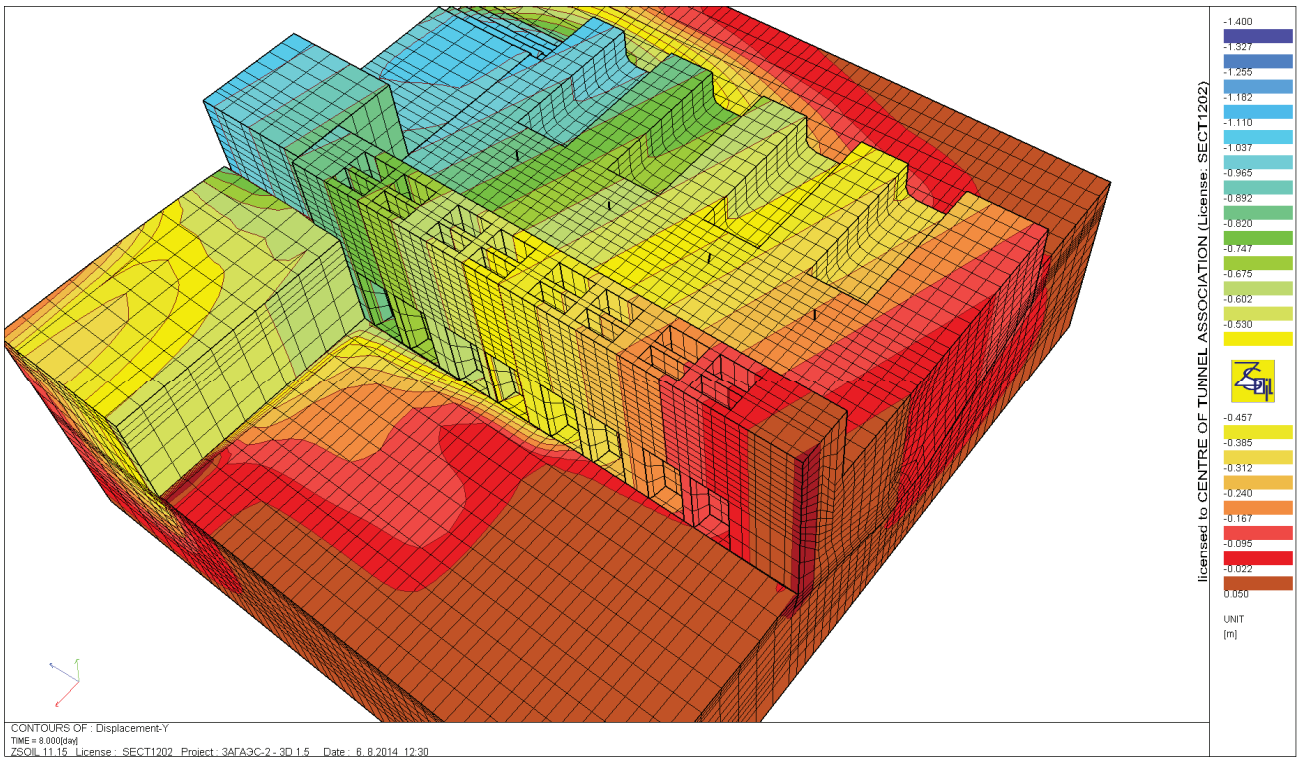


Рис.А.7. Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №8

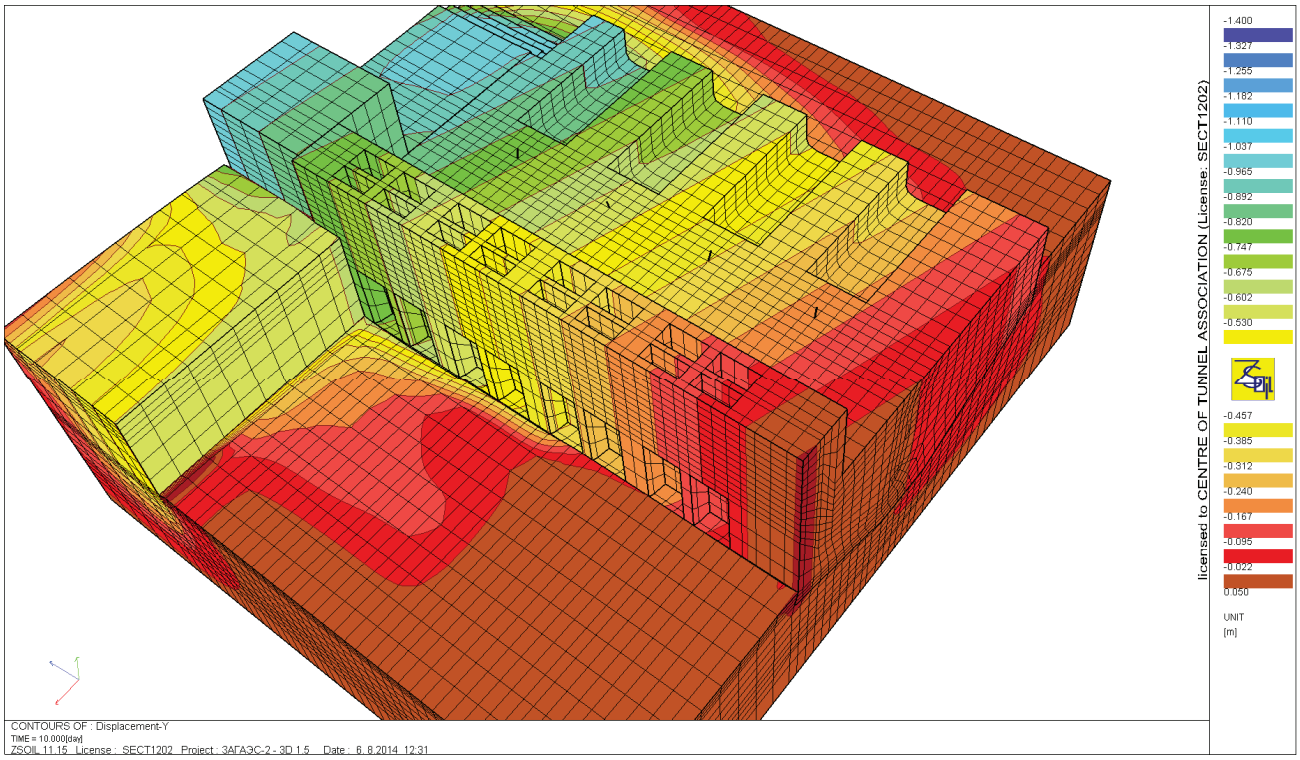


Рис.А.8. Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №10

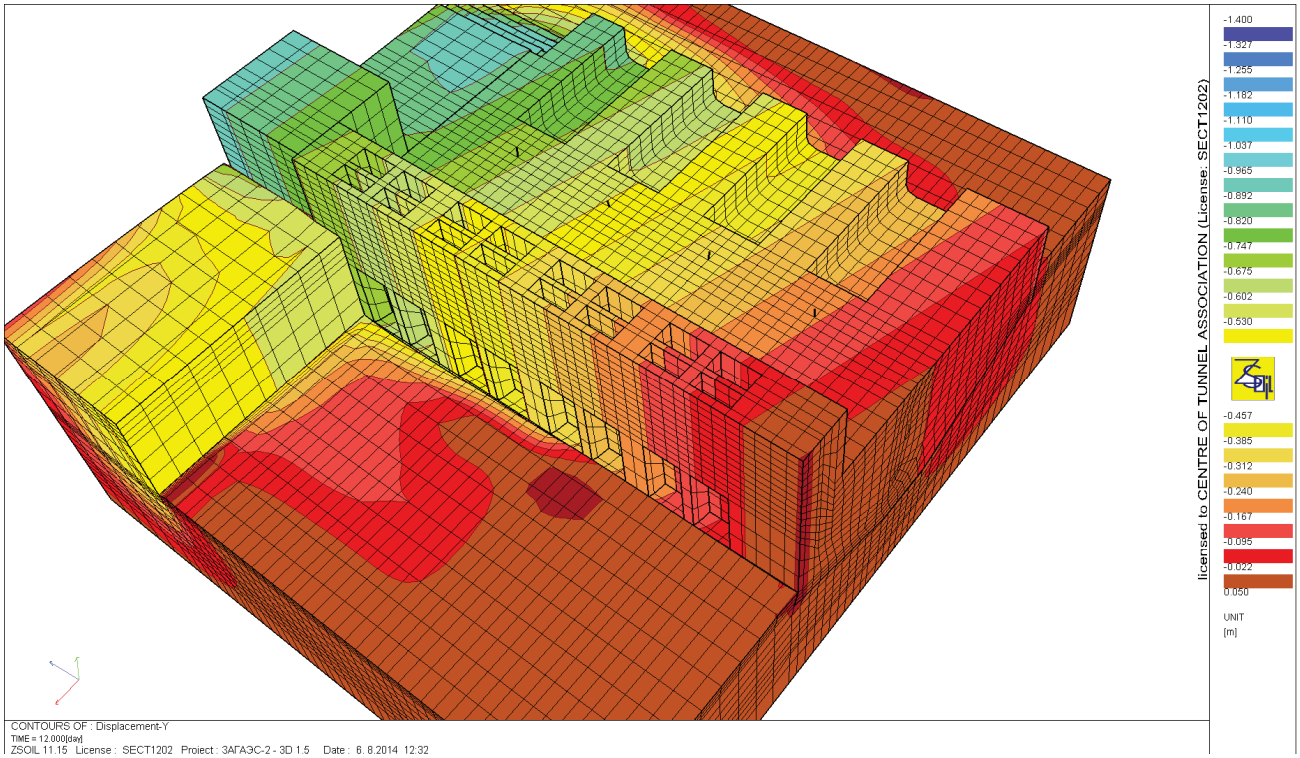


Рис.А.9.Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №12

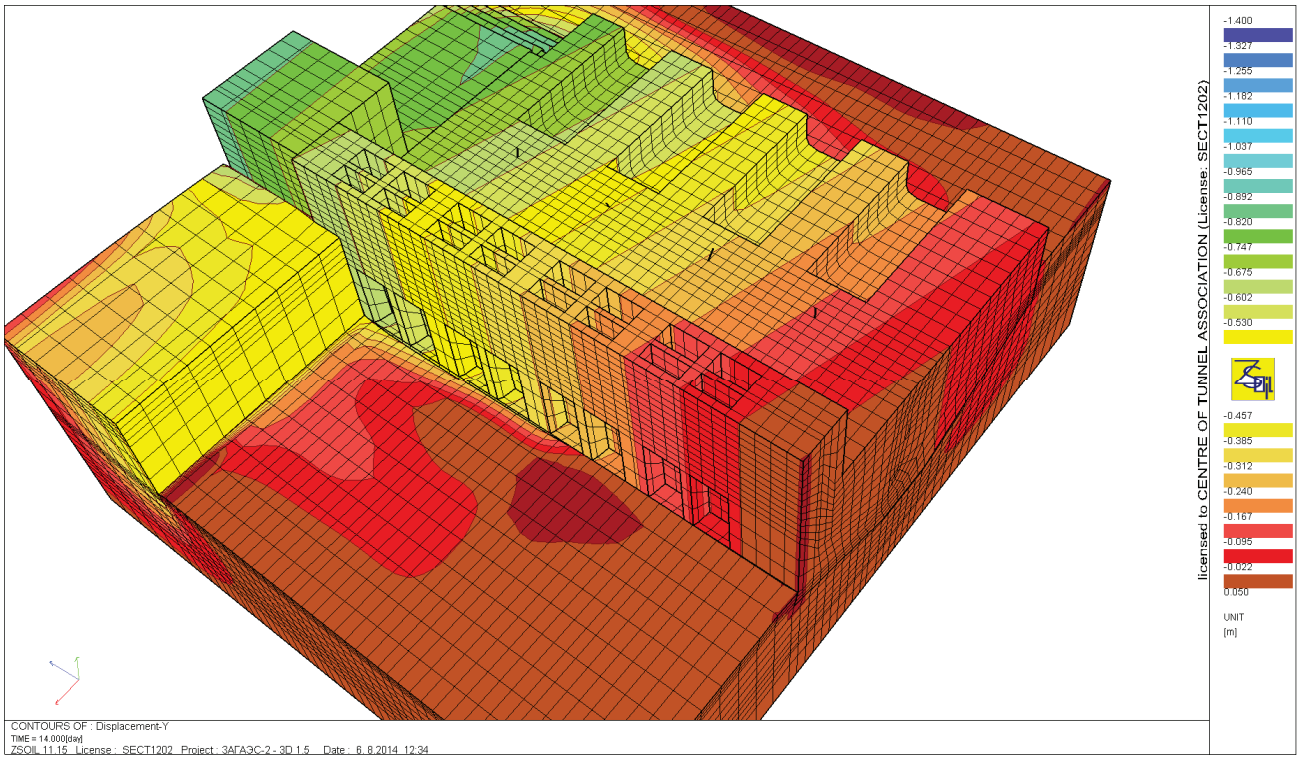


Рис.А.10. Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №14

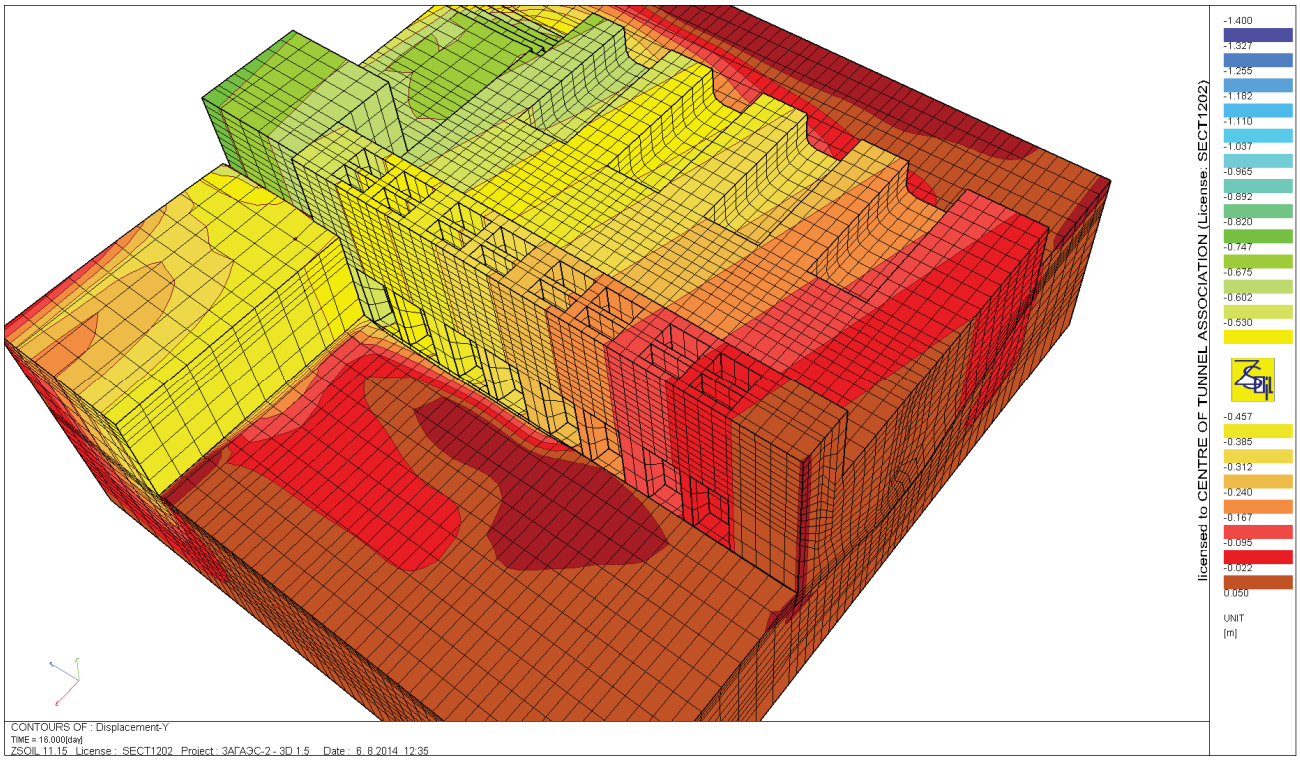


Рис.А.11. Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №16

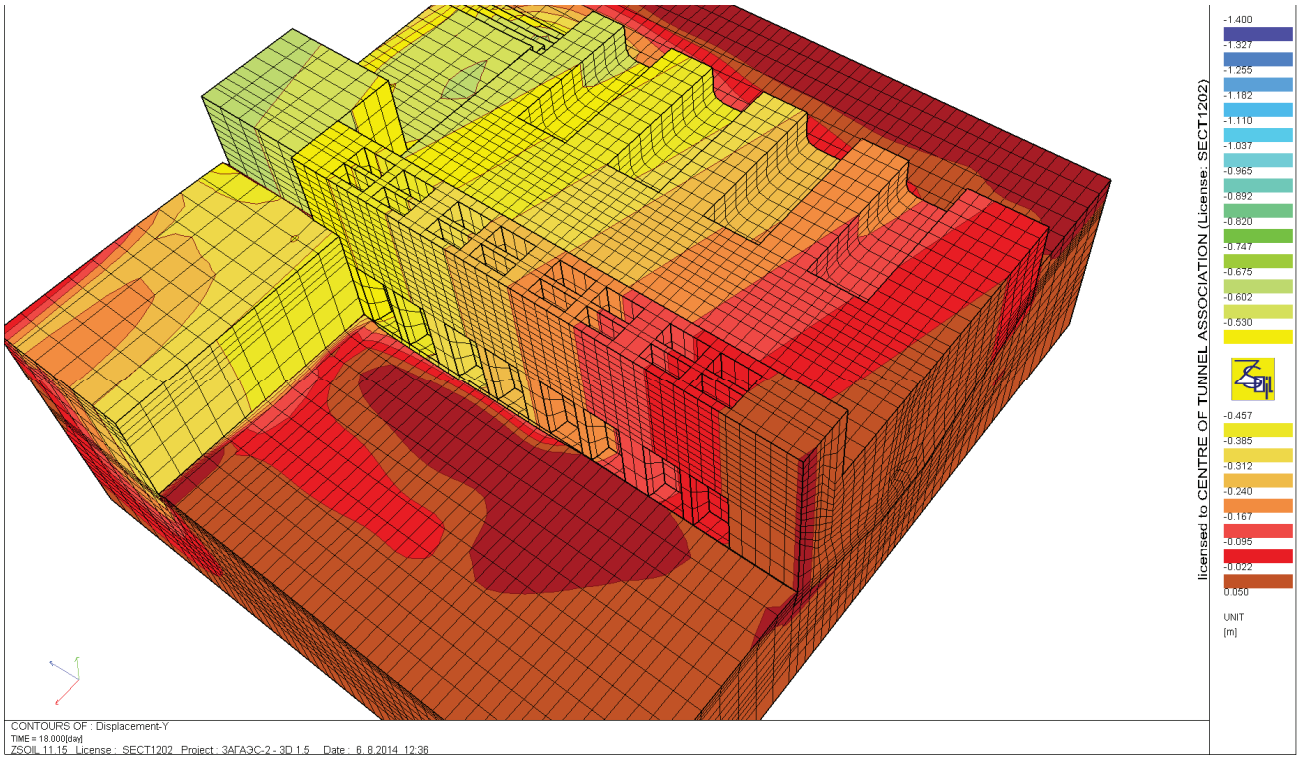


Рис.А.12. Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №18

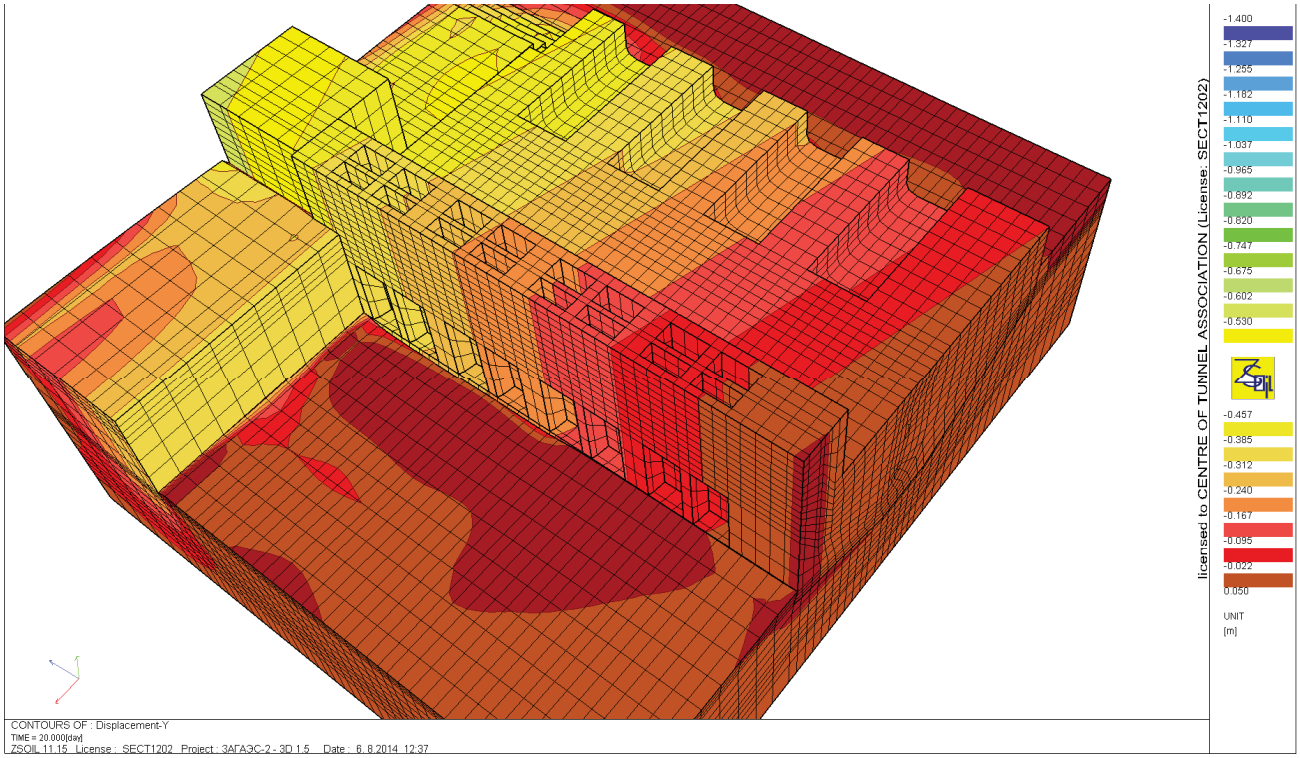


Рис.А.13. Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №20

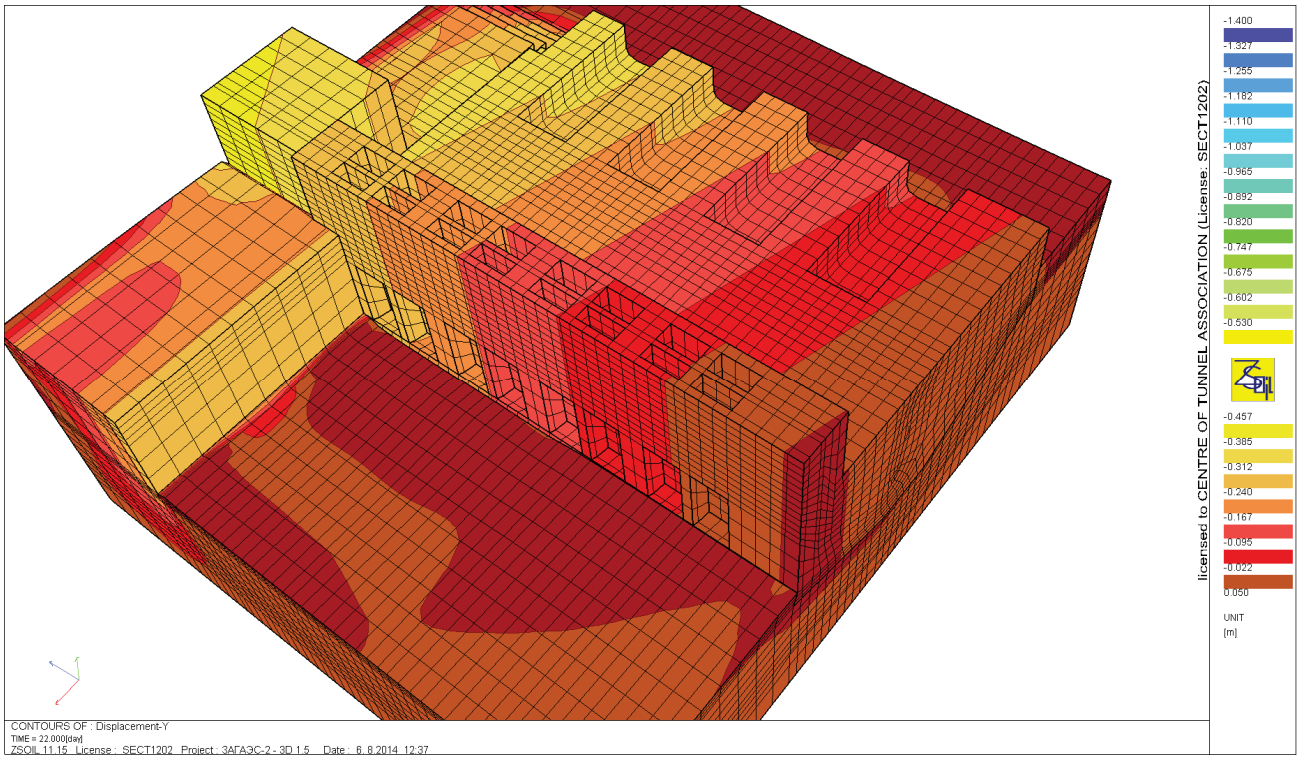


Рис.А.14. Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №22

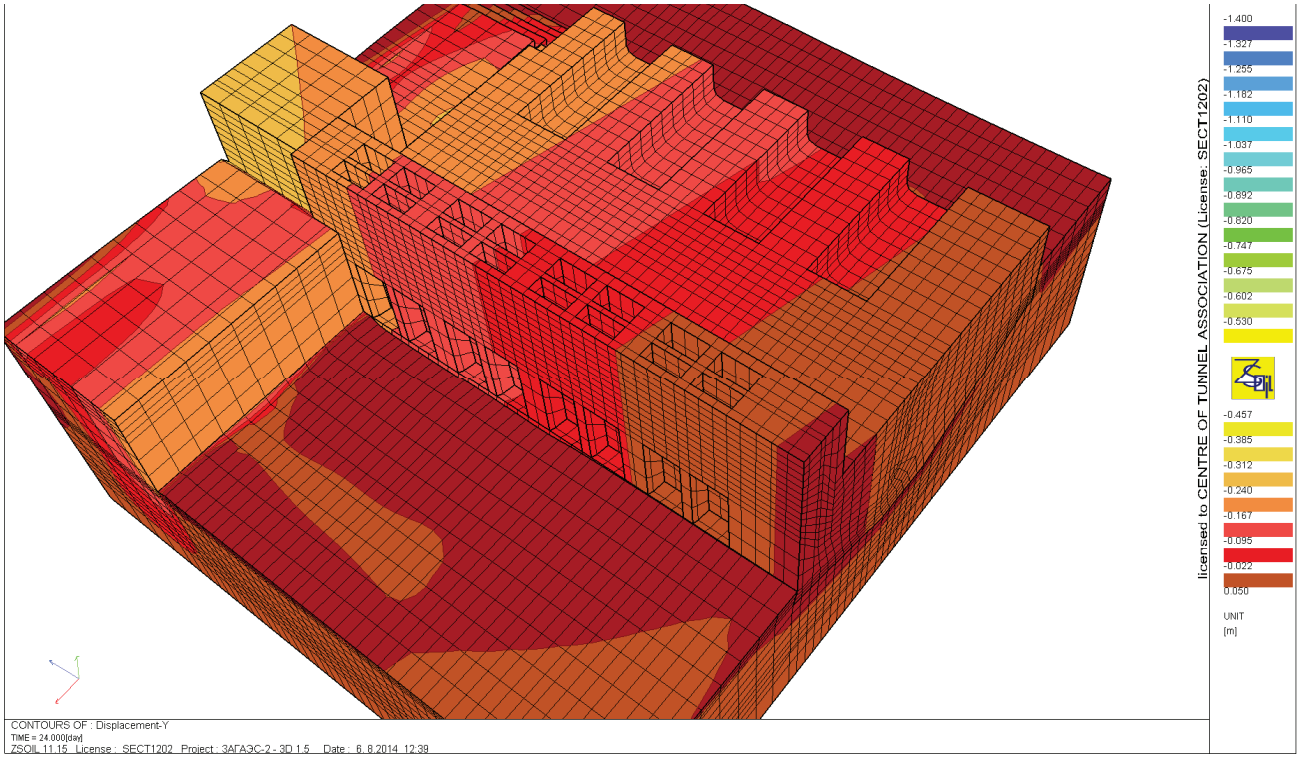


Рис.А.15. Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №24

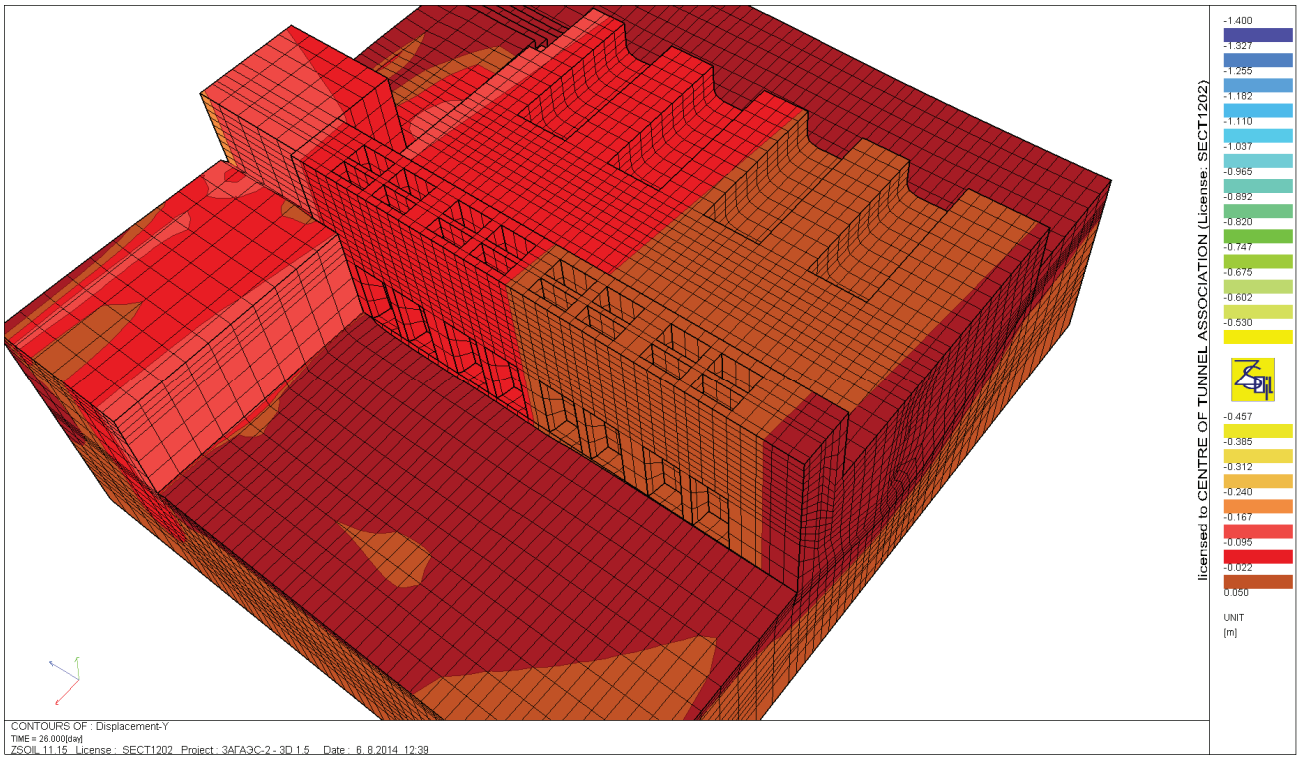


Рис.А.16. Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №26

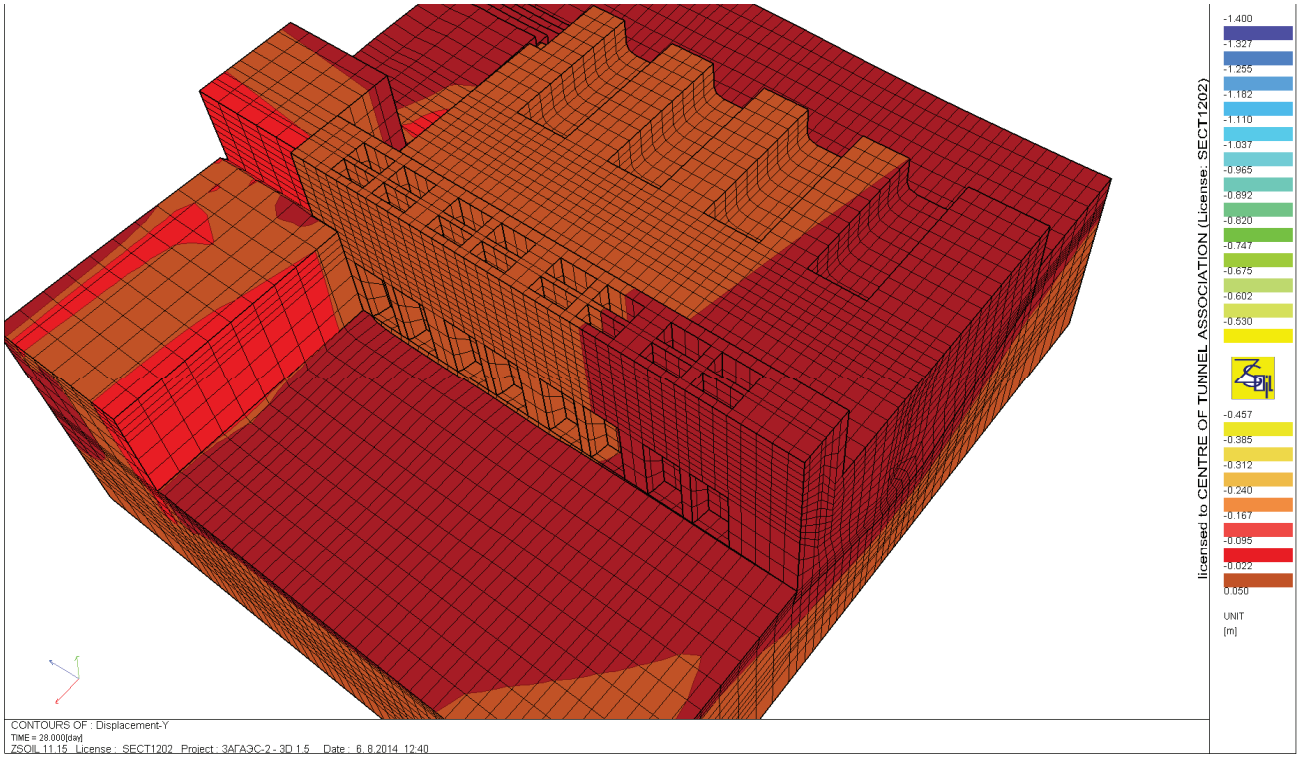


Рис.А.17. Изополя вертикальных перемещений на этапе подъема №28

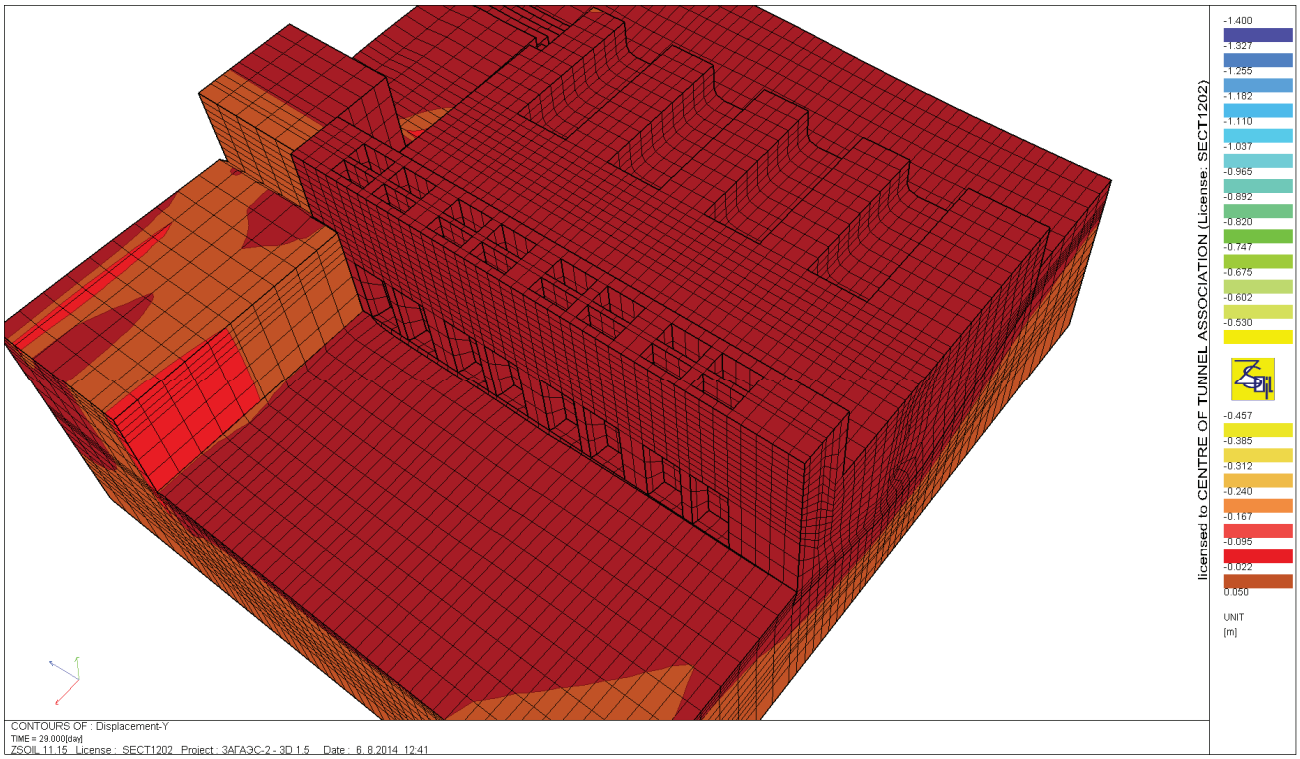


Рис.А.18. Изополя вертикальных перемещений на этапе 29 (завершение подъема)

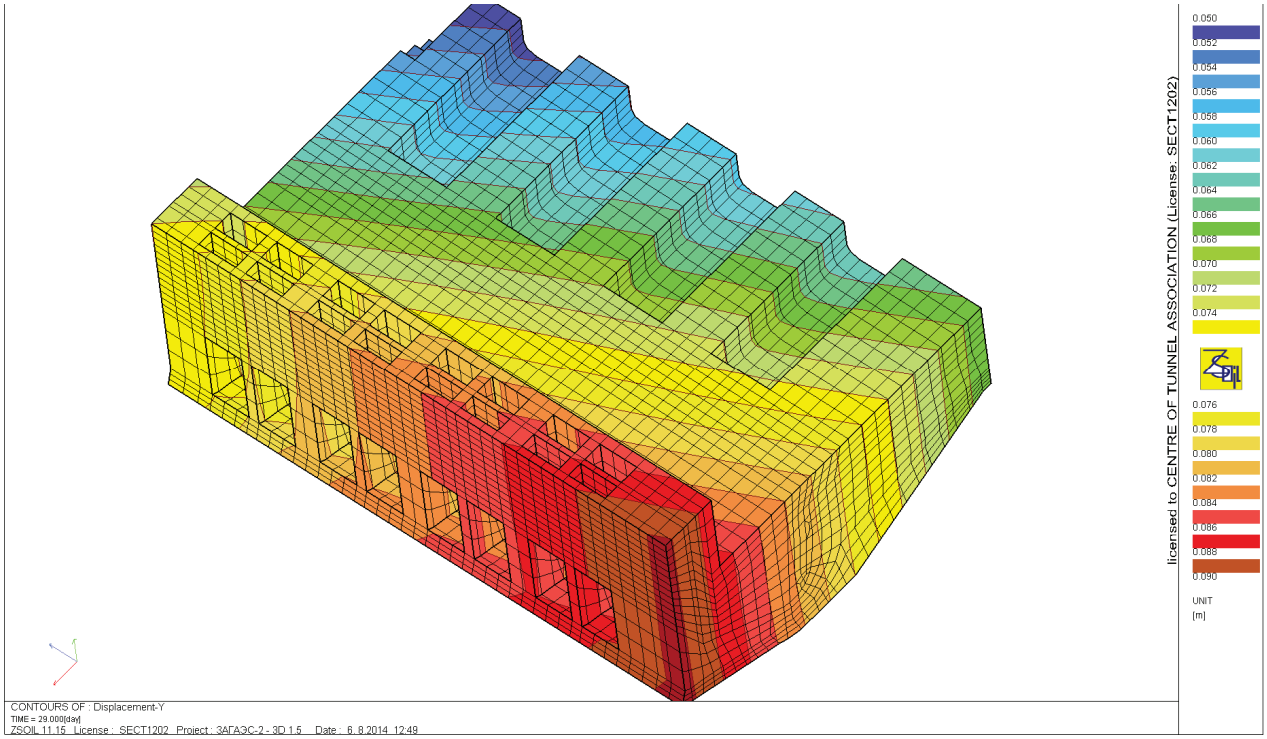


Рис.А.19. Изополя вертикальных перемещений на этапе завершения работ по подъему, отклонение осей от вертикального положения составляет 0,0003 , т.е. 0,3 мм на 1 м длины оси.

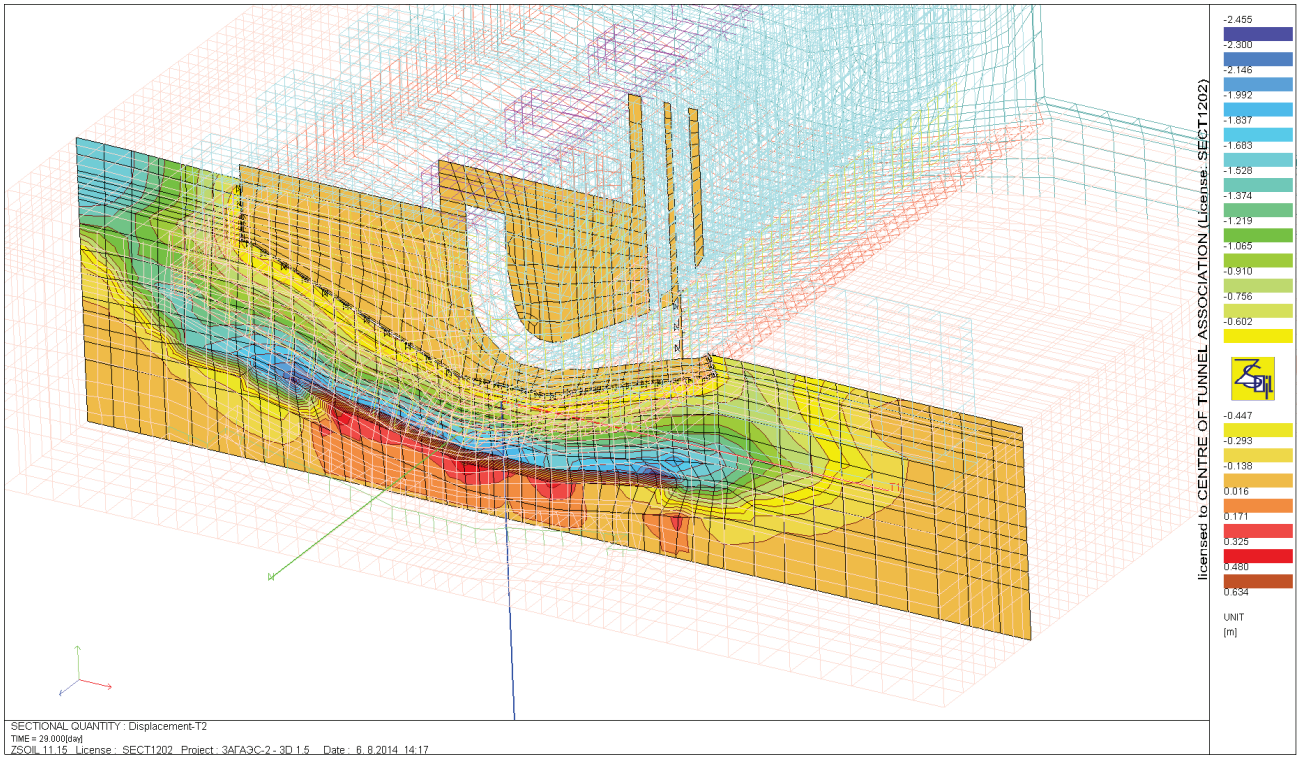


Рис.А.20. Изополя вертикальных перемещений в поперечном сечени по оси 10-го гидроагрегата на момент окончания подъема

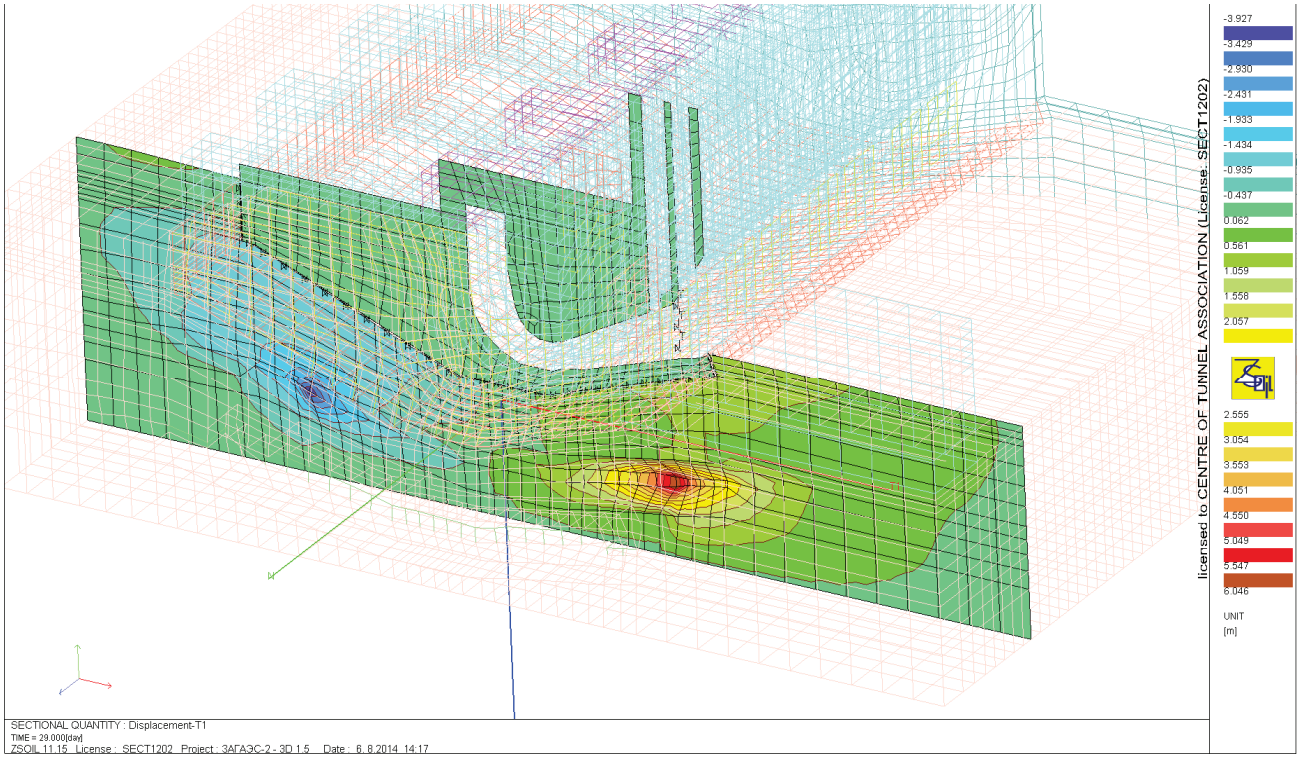


Рис.А.21. Изополя горизонтальных перемещений в поперечном сечени по оси 10-го гидроагрегата

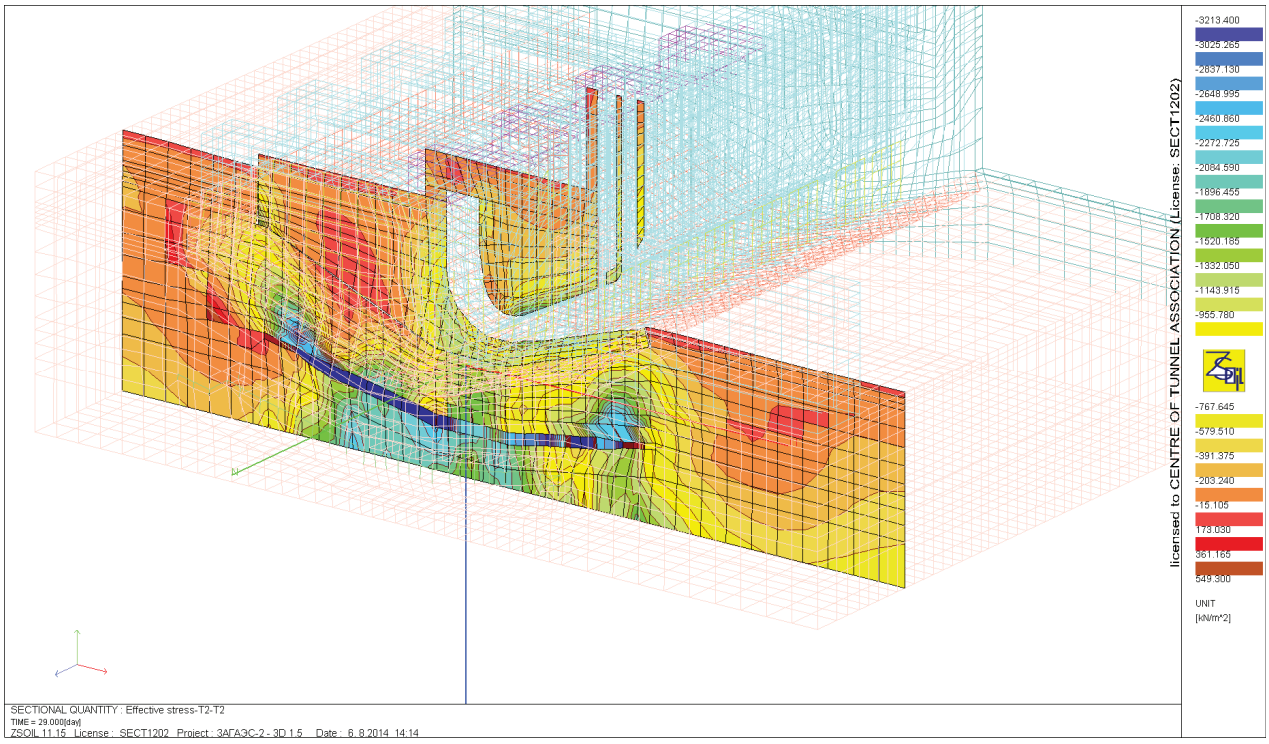


Рис.А.22. Изополя вертикальных напряжений в поперечном сечени по оси 10-го гидроагрегата на момент окончания подъема

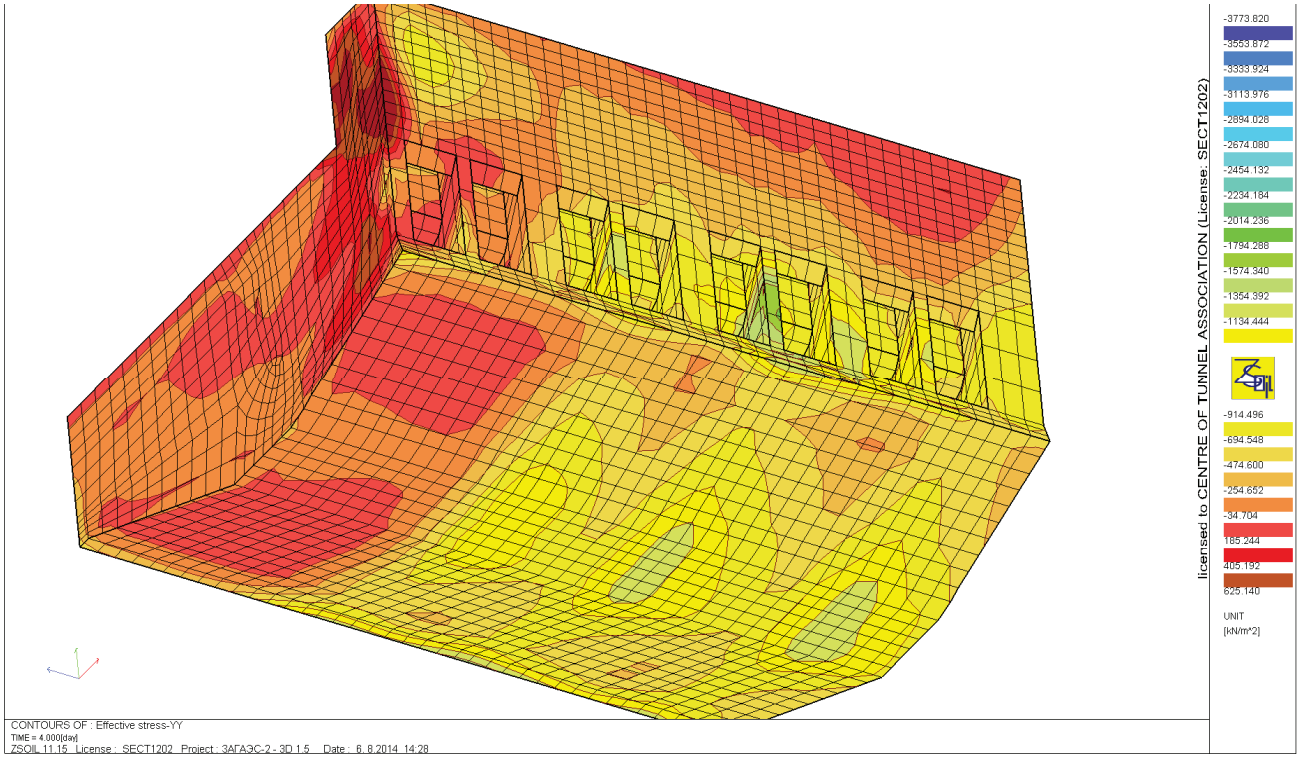


Рис.А.23. Изополя вертикальных напряжений Y-Y на момент появления непроектных осадок (до подъема)

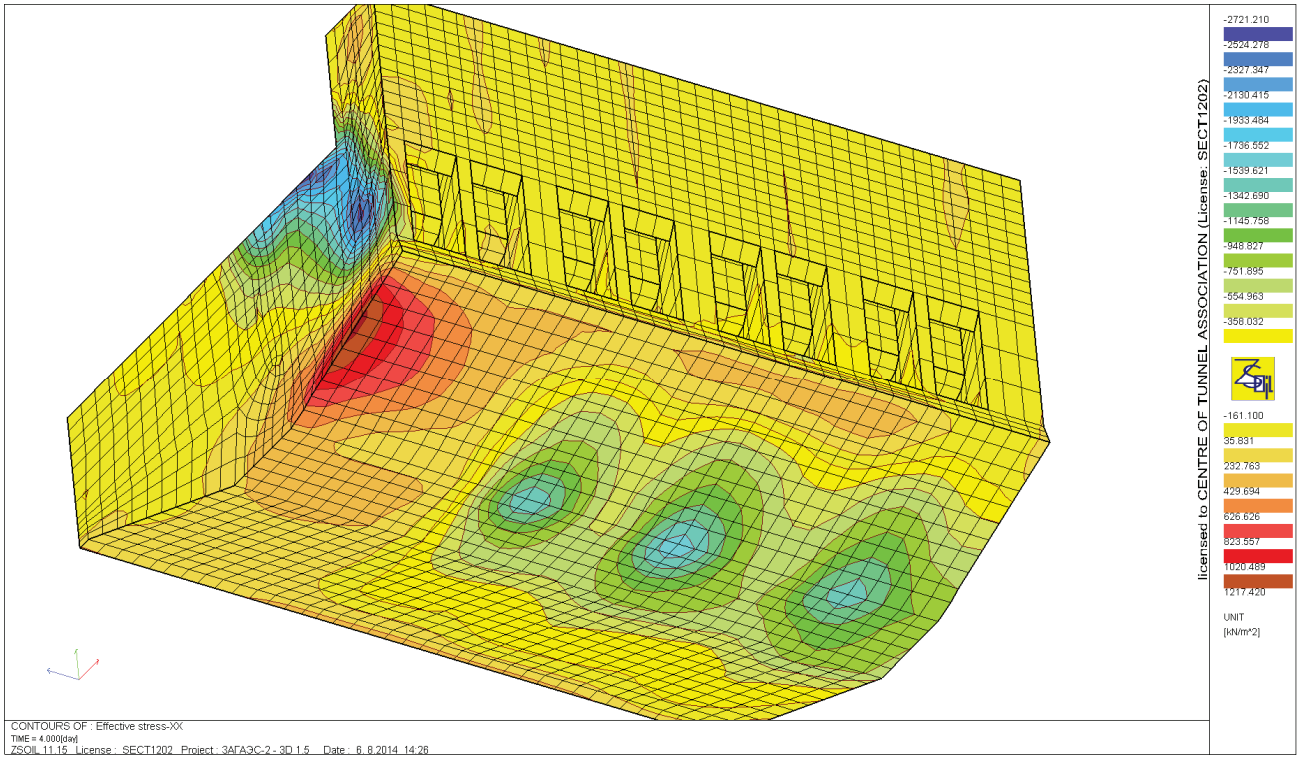


Рис.А.24. Изополя горизонтальных напряжений X-X на момент появления непроектных осадок (до подъема)

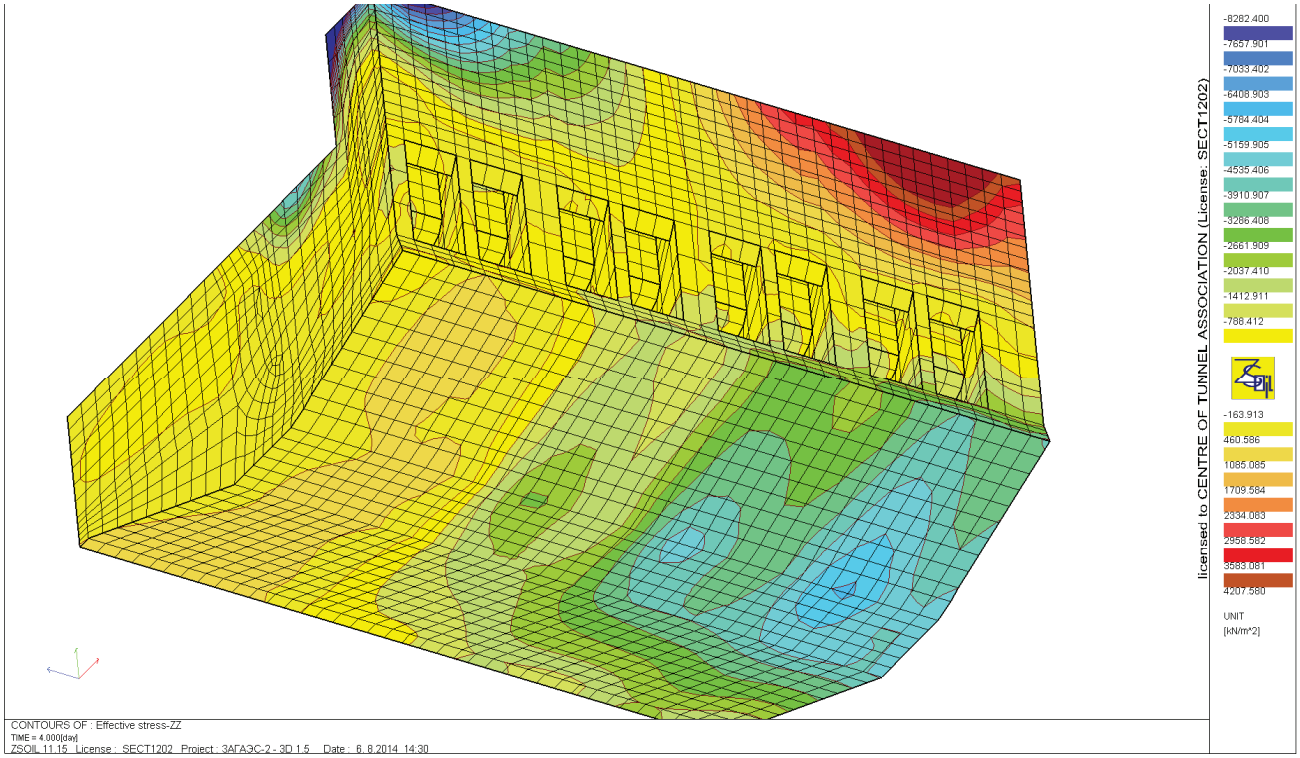


Рис.А.25. Изополя горизонтальных напряжений Z-Z на момент появления непроектных осадок (до подъема)

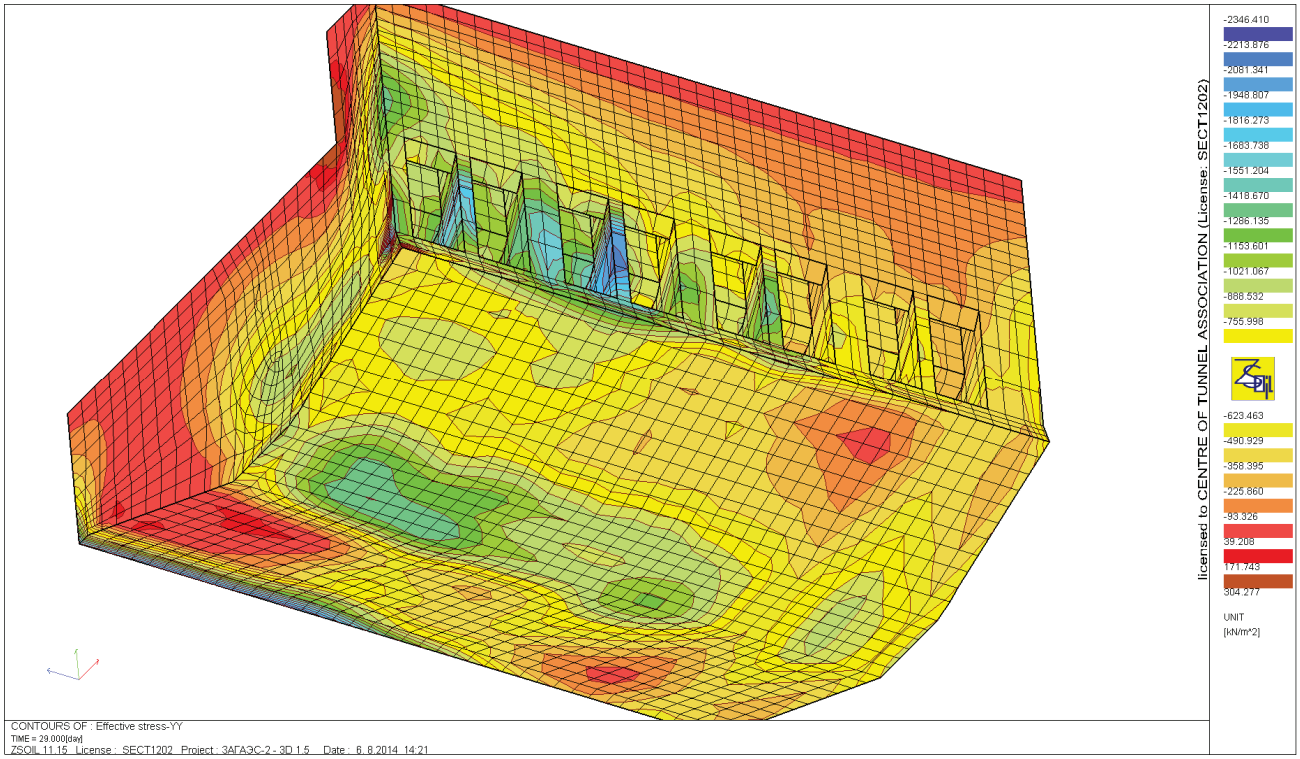


Рис.А.26. Изополя вертикальных напряжений Y-Y на момент окончания подъема

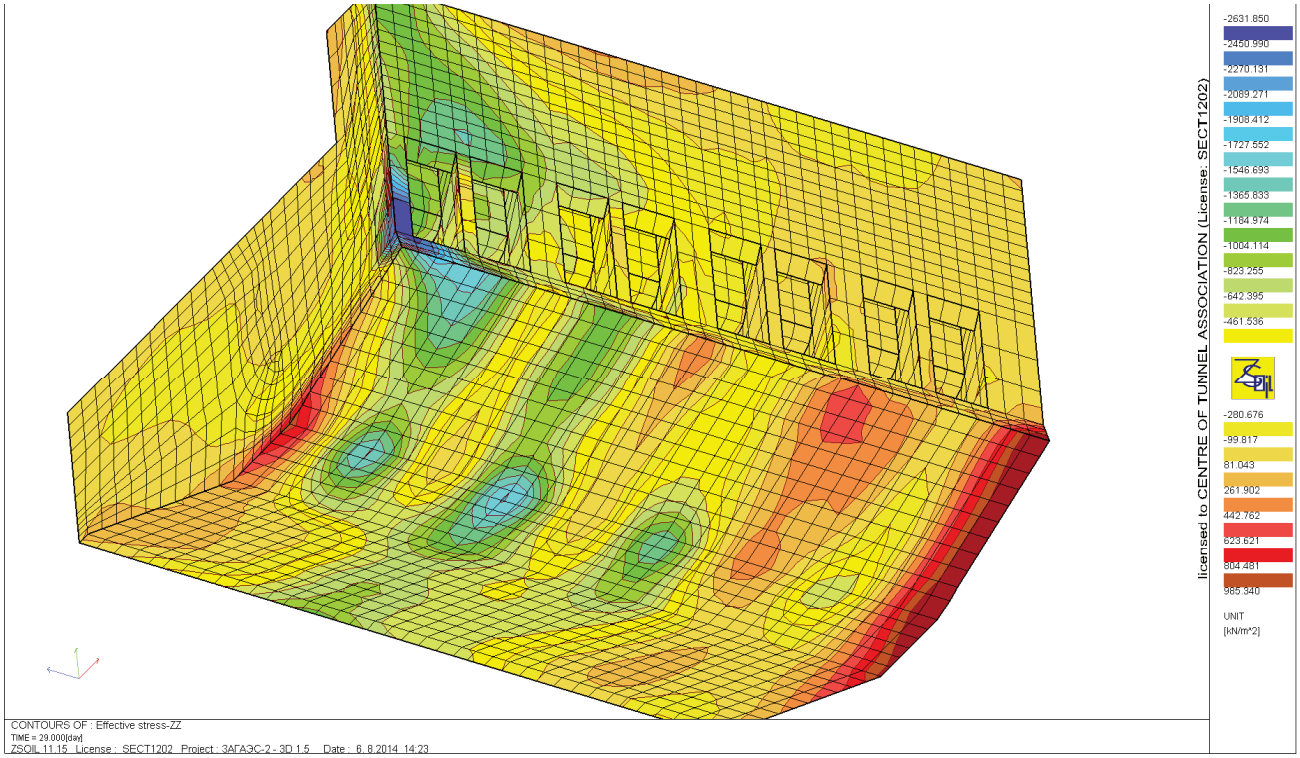


Рис.А.27. Изополя горизонтальных напряжений Z-Z на момент окончания подъема

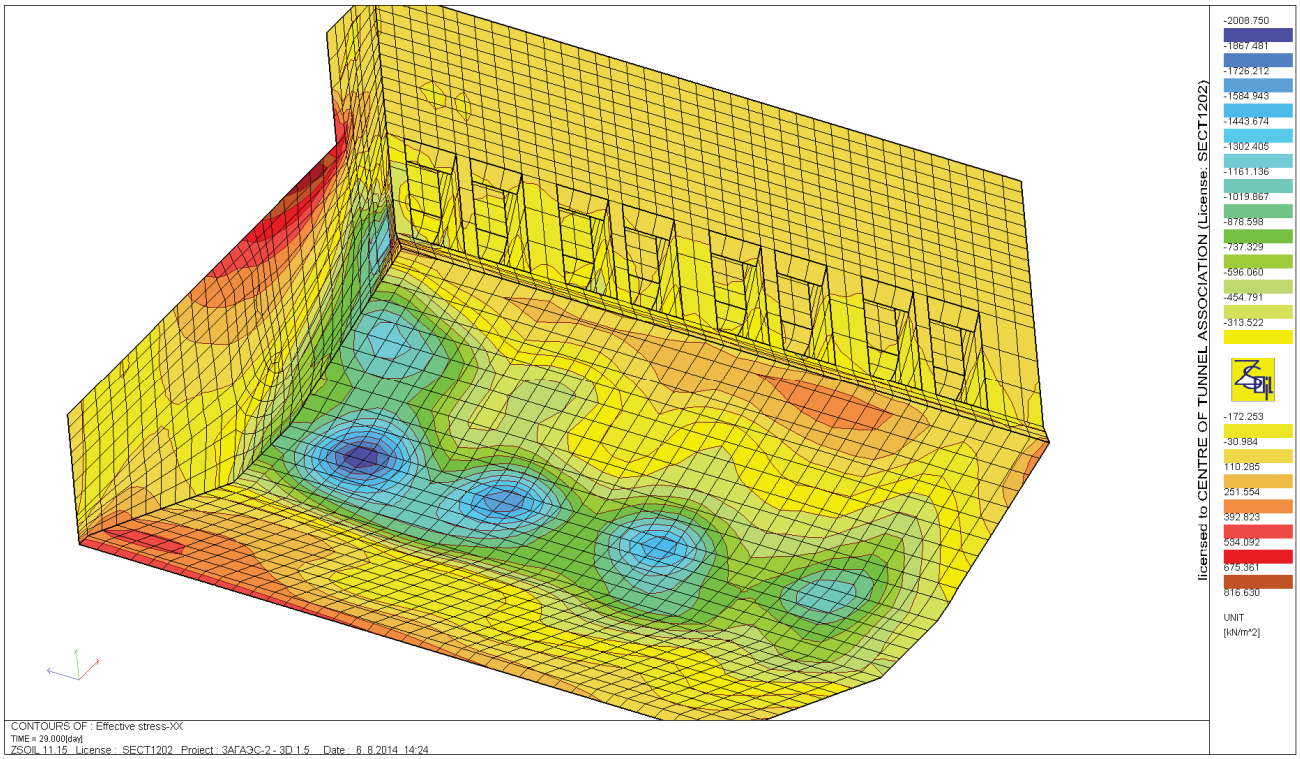


Рис.А.28. Изополя горизонтальных напряжений X-X на момент окончания подъема

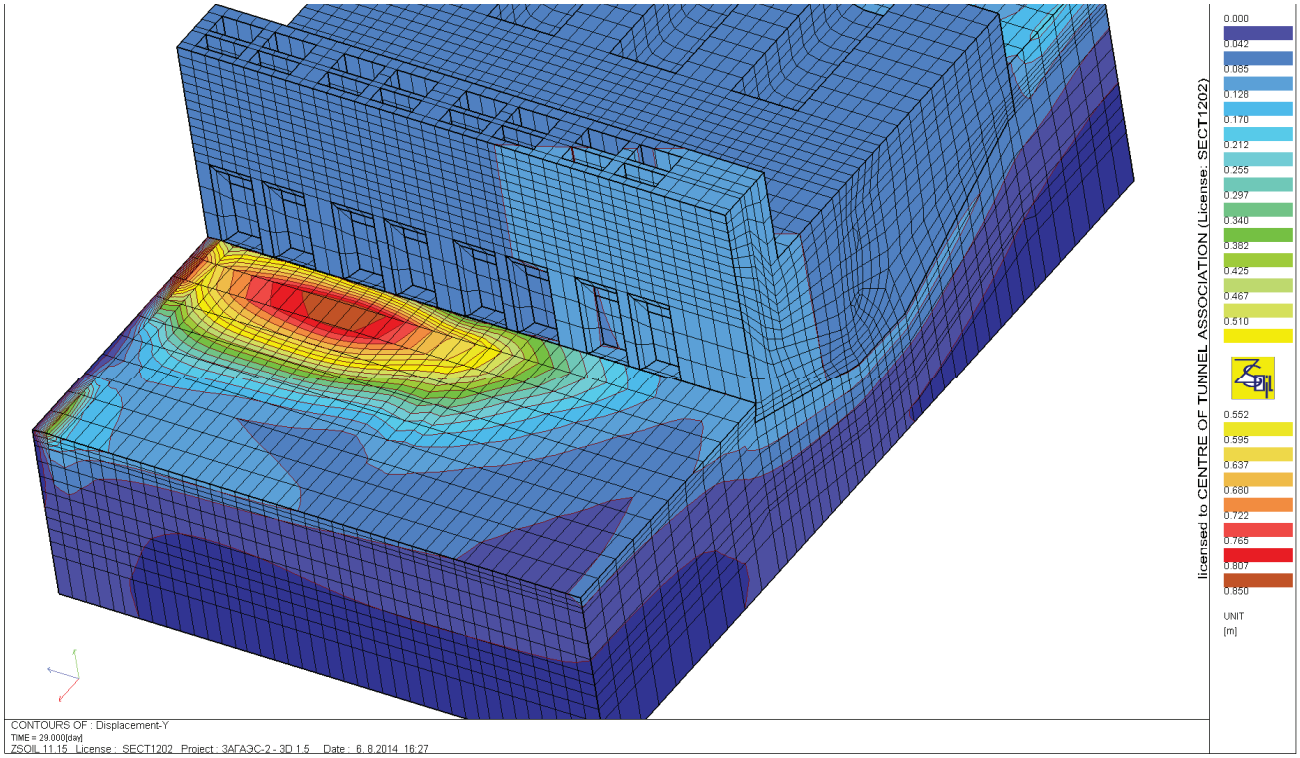
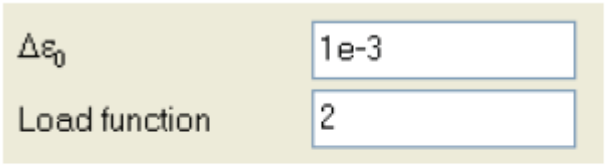


Рис.А.29. Изополя вертикальных перемещений на этапе завершения работ по подъему

Б. Пример моделирования объемной деформации

Строительный подъем моделируется объемной деформацией кластеров сетки конечных элементов, расположенных в основании здания ЗаГАЭС в соответствии с проектом. Объемная деформация задается коэффициентом максимальной дополнительная деформация $\triangle\varepsilon_0$ в плоскостях x,y,z



$$\Delta\varepsilon_{xo} = \Delta\varepsilon_{yo} = \Delta\varepsilon_{zo} = \Delta\varepsilon_{o}$$

Рис.Б.1 Задание значения объемной деформации и функции ее изменения во времени

$\triangle\varepsilon_0$ — максимальная дополнительная деформация в плоскостях x,y,z, в случае когда по разным плоскостям окружающие конечные элементы имеют разные жесткости то соотношение развития дополнительных деформаций такое же как и соотношение жесткостей, при этом объем в любом случае увеличивается на величину $(\triangle\varepsilon_0 + 1)^3$

Пример:

Конечный элемент имеет размеры 1x1x1 в центре модели по пяти сторонам находятся элементы с жесткостью соответствующей стали, по бокам элемента расположен контактный элемент, так что он не связан с окружающим массивом, т.е. на боковых и нижней грани сдвиговая прочность равна 0.

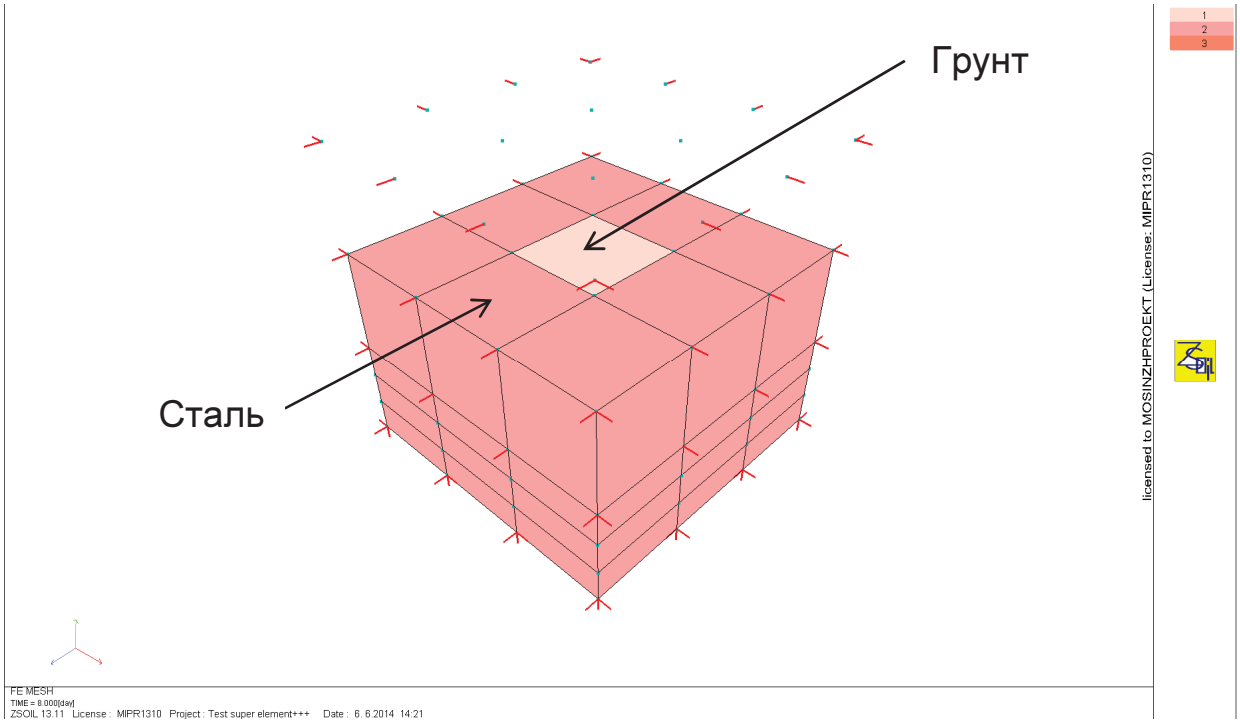


Рис. Б.2. Расчетная схема

Как видно на рис. Б.3 элемент при значении $\triangle\varepsilon_0 = 0{,}1$ деформировался только вверх

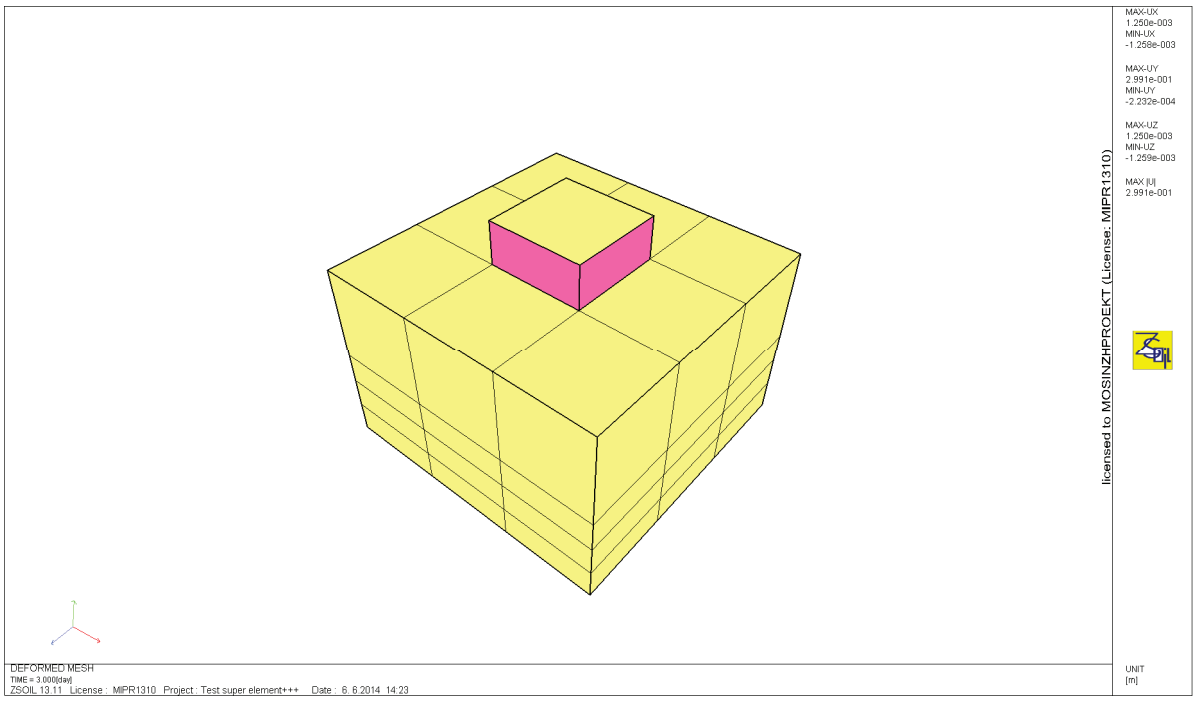


Рис. Б.3. Деформированная схема

Как видно по изополям деформаций в вертикальном направлении, элемент увеличился только вверх на 299 мм

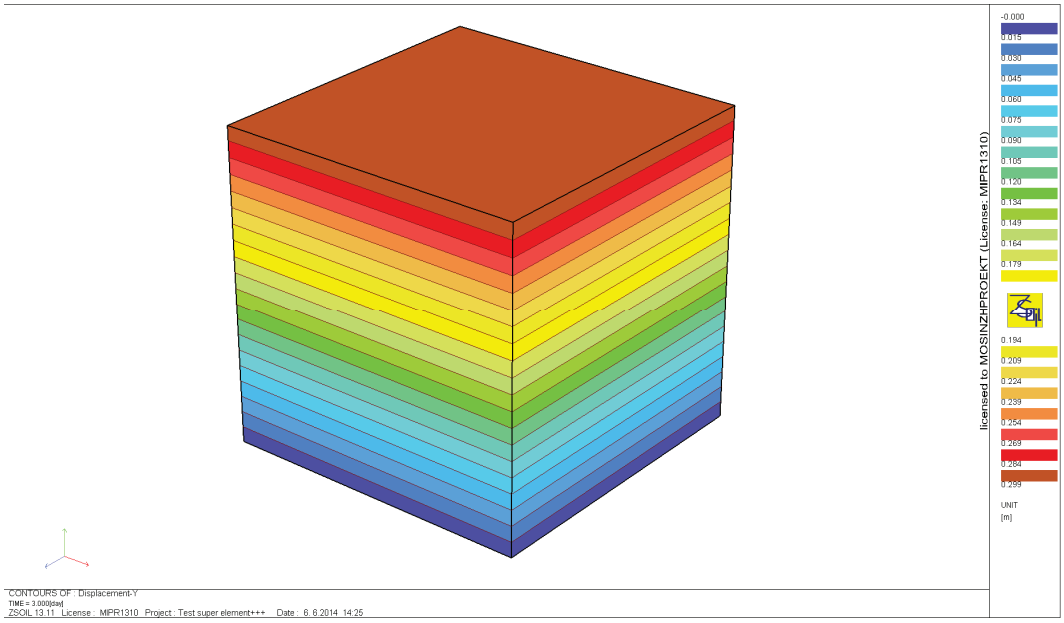


Рис. Б.4. Изополя вертикальных перемещений

В горизонтальном направлении деформации составили 0,1 мм

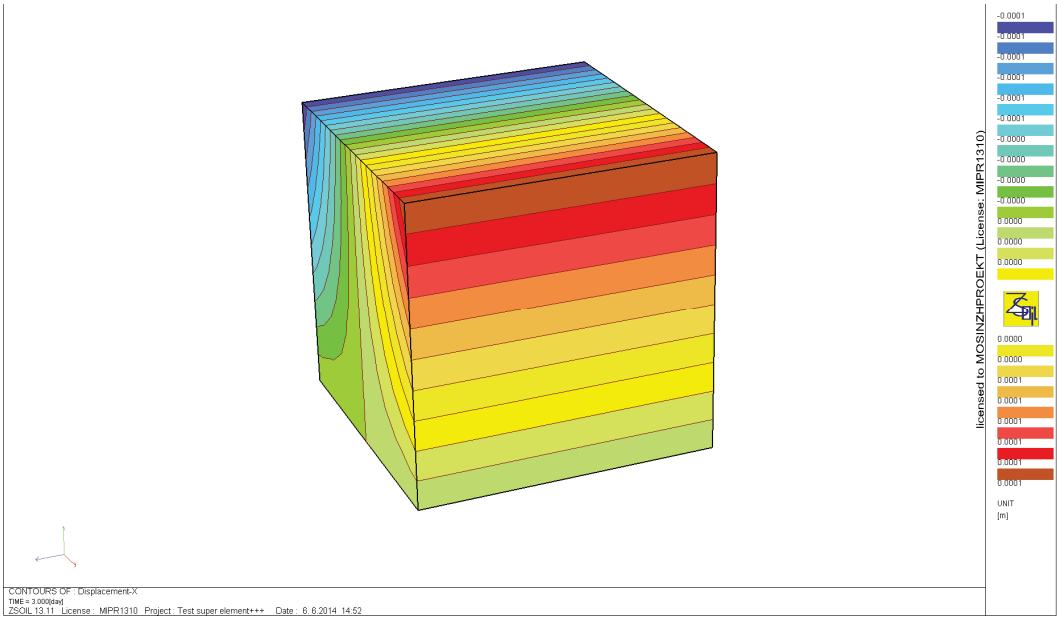


Рис. Б.4. Изополя горизонтальных перемещений

При этом конечный объем соответствует $V_{нач} \cdot (0,1+1)^3$

Приложение В. Ведомость ссылочных и прилагаемых документов

Обозначение	Наименование
СП 58.13330.2012	Гидротехнические сооружения. Основные положения
ГОСТ 31937-2011	Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
ГОСТ 15467-79*	Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.
ГОСТ 18105-2010	Бетоны. Правила контроля и оценки прочности
ГОСТ Р 54257-2010	Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования.
СП 13-102-2003	Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений
СП 63.13330.2012	Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения
СП 20.13330.2011	Нагрузки и воздействия
СП 38.13330.2012	Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения
СП 23.13330.2011	Основания гидротехнических сооружений
СП 22.13330.2011	Основания зданий и сооружений
СП 22.13330.2011	Основания зданий и сооружений

Приложение Г. Свидетельства и сертификаты

Саморегулируемая организация, основанная на членстве лиц,
осуществляющих подготовку проектной документации
НЕКОММЕРЧЕСКОЕ ПАРТНЕРСТВО
**«Объединение проектировщиков подземных сооружений,
промышленных и гражданских объектов»**
192102, г. Санкт-Петербург, ул. Фучика, д. 4, лит. К, пом. 16Н
www.proekttunnel.ru

регистрационный номер в государственном реестре
саморегулируемых организаций
СРО-П-087-15122009

г. Санкт-Петербург «26» марта 2013 г.

СВИДЕТЕЛЬСТВО

о допуске к определенному виду или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства

№ 093.2-2011-7716691200-П-087

Выдано члену саморегулируемой организации:

**Обществу с ограниченной ответственностью
«Научно-инженерный центр Тоннельной ассоциации»**
ОГРН 1117746450392, ИНН 7716691200, 129344, РФ, г. Москва, ул. Енисейская, д. 7, стр. 4, комн. 10

Основание выдачи Свидетельства: **Решение Совета Некоммерческого Партнерства «Объединение проектировщиков подземных сооружений, промышленных и гражданских объектов», протокол № 10 от «26» марта 2013 г.**

Настоящим Свидетельством подтверждается допуск к работам, указанным в приложении к настоящему Свидетельству, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства.

Начало действия: с «26» марта 2013 г.

Свидетельство без приложения не действительно.

Свидетельство выдано без ограничения срока и территории его действия.

Свидетельство выдано взамен ранее выданного от 20 декабря 2012 г. **№ 093.1-2011-7716691200-П-087**

Генеральный директор _____ С.Н.Алпатов
подпись

М.П.

0647

ООО «Типография «Еврокопия-2 СПб». ИНН 7810278310. СПб, Цветочная, 6. 2011 г. Зак. № 110344. Тир. 500 экз.

Приложение
к Свидетельству о допуске к определенному виду или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства

от 26 марта 2013 года
№ 093.2-2011-7716691200-П-087
Лист 1

Виды работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства (кроме особо опасных и технически сложных объектов, объектов использования атомной энергии) и о допуске к которым член Некоммерческого партнерства «Объединение проектировщиков подземных сооружений, промышленных и гражданских объектов» Общество с ограниченной ответственностью «Научно-инженерный центр Тоннельной ассоциации» имеет Свидетельство

№	Наименование вида работ
1.1	**3. Работы по подготовке конструктивных решений**
1.2	**4. Работы по подготовке сведений о внутреннем инженерном оборудовании, внутренних сетях инженерно-технического обеспечения, о перечне инженерно-технических мероприятий:** 4.1. Работы по подготовке проектов внутренних инженерных систем отопления, вентиляции, кондиционирования, противодымной вентиляции, теплоснабжения и холодоснабжения 4.2. Работы по подготовке проектов внутренних инженерных систем водоснабжения и канализации 4.5. Работы по подготовке проектов внутренних диспетчеризации, автоматизации и управления инженерными системами
1.3	**6. Работы по подготовке технологических решений:** 6.1. Работы по подготовке технологических решений жилых зданий и их комплексов 6.2. Работы по подготовке технологических решений общественных зданий и сооружений и их комплексов 6.3. Работы по подготовке технологических решений производственных зданий и сооружений и их комплексов 6.4. Работы по подготовке технологических решений объектов транспортного назначения и их комплексов 6.5. Работы по подготовке технологических решений гидротехнических сооружений и их комплексов 6.7. Работы по подготовке технологических решений объектов специального назначения и их комплексов 6.8. Работы по подготовке технологических решений объектов нефтегазового назначения и их комплексов 6.9. Работы по подготовке технологических решений объектов сбора, обработки, хранения, переработки и утилизации отходов и их комплексов 6.11. Работы по подготовке технологических решений объектов военной инфраструктуры и их комплексов 6.12. Работы по подготовке технологических решений объектов очистных сооружений и их комплексов
1.4	**7. Работы по разработке специальных разделов проектной документации:** 7.1. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне 7.2. Инженерно-технические мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера 7.4. Разработка декларации безопасности гидротехнических сооружений 7.5. Разработка обоснования радиационной и ядерной защиты
1.5	**9. Работы по подготовке проектов мероприятий по охране окружающей среды**
1.6	**10. Работы по подготовке проектов мероприятий по обеспечению пожарной безопасности**
1.7	**11. Работы по подготовке проектов мероприятий по обеспечению доступа маломобильных групп населения**
1.8	**12. Работы по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений**

Генеральный директор М.П. Подпись С.Н.Алпатов

0777

ООО «Типография «Еврокопия-2 СПб». ИНН 7810278310. СПб, Цветочная, 6. 2011 г. Зак. № 110345. Тир. 1 000 экз.

Приложение
к Свидетельству о допуске к определенному виду или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства

от 26 марта 2013 года
№ 093.2-2011-7716691200-П-087
Лист 2

Виды работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, включая особо опасные и технически сложные объекты капитального строительства (кроме объектов использования атомной энергии) и о допуске к которым член Некоммерческого партнерства «Объединение проектировщиков подземных сооружений, промышленных и гражданских объектов» Общество с ограниченной ответственностью «Научно-инженерный центр Тоннельной ассоциации» имеет Свидетельство

№	Наименование вида работ
2.1	**3. Работы по подготовке конструктивных решений**
2.2	**4. Работы по подготовке сведений о внутреннем инженерном оборудовании, внутренних сетях инженерно-технического обеспечения, о перечне инженерно-технических мероприятий:** 4.1. Работы по подготовке проектов внутренних инженерных систем отопления, вентиляции, кондиционирования, противодымной вентиляции, теплоснабжения и холодоснабжения 4.2. Работы по подготовке проектов внутренних инженерных систем водоснабжения и канализации 4.3. Работы по подготовке проектов внутренних систем электроснабжения* 4.4. Работы по подготовке проектов внутренних слаботочных систем* 4.5. Работы по подготовке проектов внутренних диспетчеризации, автоматизации и управления инженерными системами
2.3	**6. Работы по подготовке технологических решений:** 6.1. Работы по подготовке технологических решений жилых зданий и их комплексов 6.2. Работы по подготовке технологических решений общественных зданий и сооружений и их комплексов 6.3. Работы по подготовке технологических решений производственных зданий и сооружений и их комплексов 6.4. Работы по подготовке технологических решений объектов транспортного назначения и их комплексов 6.5. Работы по подготовке технологических решений гидротехнических сооружений и их комплексов 6.7. Работы по подготовке технологических решений объектов специального назначения и их комплексов 6.8. Работы по подготовке технологических решений объектов нефтегазового назначения и их комплексов 6.9. Работы по подготовке технологических решений объектов сбора, обработки, хранения, переработки и утилизации отходов и их комплексов 6.11. Работы по подготовке технологических решений объектов военной инфраструктуры и их комплексов 6.12. Работы по подготовке технологических решений объектов очистных сооружений и их комплексов 6.13 Работы по подготовке технологических решений объектов метрополитена и их комплексов
2.4	**7. Работы по разработке специальных разделов проектной документации:** 7.1. Инженерно-технические мероприятия по гражданской обороне 7.2. Инженерно-технические мероприятия по предупреждению чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера 7.3. Разработка декларации по промышленной безопасности опасных производственных объектов 7.4. Разработка декларации безопасности гидротехнических сооружений
2.5	**8. Работы по подготовке проектов организации строительства, сносу и демонтажу зданий и сооружений, продлению срока эксплуатации и консервации***
2.6	**9. Работы по подготовке проектов мероприятий по охране окружающей среды**
2.7	**10. Работы по подготовке проектов мероприятий по обеспечению пожарной безопасности**
2.8	**11. Работы по подготовке проектов мероприятий по обеспечению доступа маломобильных групп населения**
2.9	**12. Работы по обследованию строительных конструкций зданий и сооружений**
2.10	**13. Работы по организации подготовки проектной документации, привлекаемым застройщиком или заказчиком на основании договора юридическим лицом или индивидуальным предпринимателем (генеральным проектировщиком).**

Генеральный директор М.П. Подпись С.Н.Алпатов

0778

ООО «Типография «Евроколия-2 СПб», ИНН 7810278310. СПб, Цветочная, 6. 2011 г. Зак. № 110345. Тир. 1 000 экз.

Приложение
к Свидетельству о допуске к определенному виду или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства

от 26 марта 2013 года
№ 093.2-2011-7716691200-П-087
Лист 3

Виды работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, включая особо опасные и технически сложные объекты капитального строительства, объекты использования атомной энергии, и о допуске к которым член Некоммерческого партнерства «Объединение проектировщиков подземных сооружений, промышленных и гражданских объектов» Общество с ограниченной ответственностью «Научно-инженерный центр Тоннельной ассоциации» имеет Свидетельство

№	Наименование вида работ
3.1	Нет

Общество с ограниченной ответственностью «Научно-инженерный центр Тоннельной ассоциации» вправе заключать договоры по осуществлению организации работ по подготовке проектной документации для объектов капитального строительства, стоимость которых по одному договору составляет до 300 000 000 (трехсот миллионов) рублей.

Генеральный директор _____ С.Н.Алпатов
Подпись

М.П.

0779

ООО «Типография «Евроколия-2 СПб». ИНН 7810278310. СПб, Цветочная, 6. 2011 г. Зак. № 110345. Тир. 1 000 экз.

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Добровольная сертификация

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU.СП09.Н00077

Срок действия с 17.10.2011 по 17.10.2014

№ 0299067

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ РОСС.RU.0001.11СП09

Орган по сертификации программных средств ООО «Центр разработки, испытаний и обучения в области информационных технологий» (ОС ПС ООО ЦРИОИТ)
170023, г. Тверь, а/я 2303, ул. Ржевская, д.10, тел./факс(4822)44-40-44

ПРОДУКЦИЯ

код ОК 005 (ОКП):

Программные комплексы Z_Soil v. 2007 и Z_Soil v. 2011

Серийный выпуск

504100

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

код ТН ВЭД России:

ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 (п.3.2, п.п. 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3, 3.3.4)
и др. нормативные и программные документы
(см. приложение на 1 л., бланк № 0315035)

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Компания Zace Services LTD, Switzerland
CH 1015 Lausanne, Chemin de Chantemerle 14, c/o Fiduciaire Rouvrex S.A.

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН

ООО «НПО «Мостовик»
644080, г. Омск, проспект Мира, д.5, корп.5, тел. (3812)65-97-55, факс (3812)69-66-86
ИНН 5502005562

НА ОСНОВАНИИ

протокола испытаний № 154 от 12.10.2011 г. ИЛ программных средств ООО ЦРИОИТ
(рег. № РОСС.RU.0001.21СП05)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ Схема сертификации – 3

Поставщик ООО «НПО «Мостовик»,
644080, г. Омск, проспект Мира, д.5, корп.5, тел. (3812)65-97-55, факс (3812)69-66-86

ОС ПС ООО ЦРИОИТ Для сертификатов РОСС RU.0001.11СП09

Руководитель органа подпись С.Л.Котов (инициалы, фамилия)

М.П.

Эксперт подпись Ю.В.Гибин (инициалы, фамилия)

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

Бланк изготовлен ЗАО "ОПЦИОН" (лицензия № 05-05-09/003 ФНС РФ уровень В) тел. (495) 648 6068, 608 7617, г. Москва, 2009 г.

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

№ 0315035

ПРИЛОЖЕНИЕ

К сертификату соответствия № РОСС RU.СП09.Н00077

Перечень конкретной продукции, на которую распространяется действие сертификата соответствия

код ОК 005 (ОКП) / код ТН ВЭД России	Наименование и обозначение продукции, ее изготовитель	Обозначение документации, по которой выпускается продукция
504100	**Программные комплексы Z_Soil v. 2007 и Z_Soil v. 2011** Компания Zace Services LTD, Switzerland	

Нормативные и программные документы, которым соответствуют программные комплексы:

СНиП 2.01.07-85* (СП 20.13330.2011), СНиП II-7-81* (СП 14.13330.2011), СНиП 2.02.02-85* (СП 23.13330.2011), СНиП 2.04.02-84*, СНиП 2.06.05-84*, СНиП 2.06.06-85, СНиП 2.06.07-87, СНиП 2.06.09-84, СНиП 2.02.01-83* (СП 22.13330.2011), СНиП 2.02.03-85 (СП 24.13330.2011), СНиП 52-01-2003, СНиП 2.01.09-91, СНиП 2.02.04-88, СНиП 2.05.02-85, СНиП 2.05.03-84* (СП 35.13330.2011), СНиП 32-01-95, СНиП 32-04-97, СНиП 32-02-2003, СНиП 2.04.03-85, СНиП 2.04.07-86*, СНиП 2.05.06-85*, Руководство пользователя 46.23735833.504100-01 90

ОСПС.ООО ЦРИОНТ Для сертификатов РОСС RU.0001.11СП09

Руководитель органа _____ (подпись) С.Л.Котов (инициалы, фамилия)

М.П.

Эксперт _____ (подпись) Ю.В.Гибин (инициалы, фамилия)

Бланк изготовлен ЗАО "ОПЦИОН" (лицензия № 05-05-09/003 ФНС РФ уровень В) тел. (495) 648 6068, 608 7617, г. Москва, 2009 г.