АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
(АО «Мосинжпроект»)

Свидетельства саморегулируемых организаций
НП дорожных проектных организаций «РОДОС» от 15.01.2015 №0381.04-2009-7701885820-П-077
НП «Центризыскания» от 22.01.2015 №1002.05-2009-7701885820-И-003
Сертификат соответствия ГОСТ ISO 9001-2011

«Линия метрополитена станция метро «Новаторов» - станция метро «Севастопольский проспект».

Этап 2.3. «Подготовительные работы для организации щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов»

КОНТРАКТ №9555м

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 1 «Пояснительная записка».

Подраздел 2 «Инженерные изыскания».

Книга 6.1 «Оценка влияния строительства котлована монтажно-щитовой камеры на ПК011 на существующие сооружения и инженерные коммуникации».

Шифр тома 17-4005-Л-П-ПЗ 2.6.1

Том 1.2.6.1

2019

АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
(АО «Мосинжпроект»)

Свидетельства саморегулируемых организаций
НП дорожных проектных организаций «РОДОС» от 15.01.2015 №0381.04-2009-7701885820-П-077
НП «Центризыскания» от 22.01.2015 №1002.05-2009-7701885820-И-003
Сертификат соответствия ГОСТ ISO 9001-2011

«Линия метрополитена станция метро «Новаторов» - станция метро «Севастопольский проспект».

Этап 2.3. «Подготовительные работы для организации щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов»

КОНТРАКТ №9555м

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 1 «Пояснительная записка».

Подраздел 2 «Инженерные изыскания».

Книга 6.1 «Оценка влияния строительства котлована монтажно-щитовой камеры на ПК011 на существующие сооружения и инженерные коммуникации».

Шифр тома 17-4005-Л-П-ПЗ 2.6.1

Том 1.2.6.1

Заместитель директора
по управлению проектированием **А.М. Балабанов**

Руководитель по проектированию **Д.С. Зубарев**

2019

Общество с ограниченной ответственностью
«Институт по изысканиям и проектированию транспортных и инженерных сооружений «Мосинжпроект»

ИНСТИТУТ МОСИНЖПРОЕКТ

Регистрационный № 238 в реестре членов саморегулируемой организации «Союз дорожных проектных организаций «РОДОС»
Регистрационный № 712 в реестре членов Ассоциации Саморегулируемая организация «Центральное объединение организаций по инженерным изысканиям для строительства «Центризыскания»

Сертификат соответствия ГОСТ Р ИСО 9001-2015

«Линия метрополитена станция метро «Новаторов» - станция метро «Севастопольский проспект».

Этап 2.3. «Подготовительные работы для организации щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов»

КОНТРАКТ №9555м

Согласовано

ПРОЕКТНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Раздел 1 «Пояснительная записка».

Подраздел 2 «Инженерные изыскания».

Книга 6.1 «Оценка влияния строительства котлована монтажно-щитовой камеры на ПК011 на существующие сооружения и инженерные коммуникации».

Шифр тома 17-4005-Л-П-ПЗ 2.6.1

Том 1.2.6.1

Генеральный директор **Р.Х. Черкесов**

2020

Обозначение	Наименование	Страницы
	Текстовые документы	
	Содержание тома	6
	1. Общие сведения о работе	7 - 21
	1.1 Цель работы	7
	1.2 Инженерно-геологические и гидрогеологические условия	7 - 10
	1.3 Краткое описание проектируемых сооружений	10 - 11
	1.4 Краткое описание окружающей застройки	12 - 21
	2 Математическое моделирование строительства перегонных тоннелей	22 - 25
	2.1 Этапность моделирования несущих конструкций проектируемого котлована в ПК «Plaxis 2D»	22
	2.2 Расчетные допущения	13 - 25
	3 Выводы и рекомендации	26 - 32
	Приложения	33 - 156
Приложение А	Исходные данные	34 - 53
Приложение Б	Результаты расчета	54 - 105
Приложение В	Расчетная зона влияния	106 - 107
Приложение Г	Выдержки из нормативной и иной документации	108 - 111
Приложение Д	Нормативные и иные источники информации	112
Приложение Е	Сертификаты и лицензии	113 - 119
Приложение Ж	Техническое задание	120 - 123
Приложение И	Программа инженерно-геотехнических изысканий	124 - 135
Приложение К	Проверка инженерных коммуникаций по прочности и раскрытию стыков	136 - 156

1. Общие сведения о работе

1.1 Цель работы

Целью настоящей работы является оценка влияния от устройства котлована монтажно-щитовой камеры на ПК011 по объекту: «Линия метрополитена станция метро «Новаторов» - станция метро «Севастопольский проспект». Этап 2.3 «Подготовительные работы для организации щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов» на существующие здания по адресу г. Москва, Ленинский проспект дом 74; г. Москва, Ленинский проспект дом 78; г. Москва, Ленинский проспект дом 81/2; г. Москва, Ленинский проспект дом 83, а также на эксплуатируемые коммуникаций попавшие в расчетную зону влияния нового строительства.

1.2 Инженерно-геологические и гидрогеологические условия

В геологическом строении участка предполагаемого строительства Линии метрополитена станция метро «Улица Строителей» до ст. «Новаторов» до глубины 65,0 м принимают участие отложения четвертичной и меловой систем. На основании литологического состава и физико-механических свойств грунтов на участке выделено 12 инженерно-геологических элементов (ИГЭ). Нумерация инженерно-геологических элементов единая для всех проектируемых линий Московского метрополитена. Наименование грунтов дано согласно ГОСТ 25100-2011. Нумерация инженерно-геологических элементов дана для всех объектов проектируемого метрополитена.

Четвертичные отложения представлены (сверху вниз):

Четвертичные отложения распространены повсеместно и представлены: современными техногенными отложениями, флювиогляциальными среднечетвертичными отложениями московской стадии оледенения, среднечетвертичными флювиогляциальными отложениями днепровско-московского межледниковья, среднечетвертичными флювиогляциальными отложениями окско-днепровского межледниковья, моренными отложениями московской стадии оледенения, моренными отложениями днепровской стадии оледенения.

Современные техногенные образования (tQ_{IV}) - распространены повсеместно и представлены насыпными грунтами: суглинками серовато-коричневыми и коричневыми, легкими и тяжелыми, преимущественно полутвердой и тугопластичной консистенции с включениями строительного мусора (щебнем кирпича и бетона, и др.) до 15%, с прослоями песка разнозернистого, маловлажного (ИГЭ-1.1). Мощность насыпных грунтов (ИГЭ-1.1) колеблется от 0,4 до 3 м. Абсолютные отметки подошвы слоя колеблются от 185,07 м до 202,07м.

Флювиогляциальные отложения московской стадии оледенения (fQIIms) распространены практически повсеместно и представлены: песками мелкими (ИГЭ-24), выделяемыми от начала строительства до ПК001+32, желтовато-коричневыми, неоднородными, маловлажными, средней плотности, и суглинками (ИГЭ-27) серовато-коричневыми, светло-коричневыми легкими и тяжелыми, полутвердой и тугопластичной консистенции. Общая мощность отложений до 4,9 м. Мощность песков мелких (ИГЭ-24) составляет до 1,5 м; мощность суглинков (ИГЭ-27) составляет до 4,7 м. Абсолютные отметки подошвы слоя колеблются от 183,67 до 199,67м.

Отложения московской стадии оледенения (qQIIms) вскрыты на участке от начала строительства до ПК007+50,0. Отложения представлены суглинками (ИГЭ-28) красновато-коричневыми, легкими, полутвердой и тугопластичной консистенции, с включением гравия, гальки, щебня, дресвы до 15%. Мощность отложений до 14,0 м. Абсолютные отметки подошвы слоя колеблются от 184,27 м до 195,14 м.

Среднечетвертичные флювиогляциальные отложения днепровско-московского межледниковья (fQIIdn-ms) выделены на участке от начала строительства до ПК008+70,0. и представлены: суглинками (ИГЭ-33) коричневыми, легкими и тяжелыми, полутвердой и тугопластичной консистенции, мощностью до 7,2 м и единичыми линзами (в районе ПК002-ПК004) песка мелкого (ИГЭ-30) желтовато-коричневого, неоднородного, водонасыщенного, средней плотности, мошностью до 1,5м. Общая мощность отложений до 7,2 м. Абсолютные отметки подошвы слоя колеблются от 182,07 до 190,17 м.

Отложения днепровской стадии оледенения (qQIIdn) распространены практически повсеместно, выклиниваясь в районе ПК002. Отложения представлены суглинками (ИГЭ-36) коричневыми, красновато-коричневыми, легкими и тяжелыми, полутвердой и тугопластичной консистенции, с включением гравия, гальки, щебня, дресвы до 15%. Мощность отложений до 10,5 м. Абсолютные отметки подошвы слоя колеблются от 172,5 м до 187,92 м.

Флювиогляциальные отложения окско-днепровского межледниковья (fQIIok-dn) распространены с ПК003+70 и представлены песками (ИГЭ-38) коричневыми, светло-коричневыми, мелкими и пылеватыми, глинистыми, с редким включением щебня и гравия, влажными и водонасыщенными, неоднородными, средней плотности и суглинками (ИГЭ-41) темно-коричневыми легкими, тугопластичной и полутвердой консистенции. Мощность суглинков (ИГЭ-41) до 3,4 м. Мощность песков (ИГЭ-38) до 5,5 м. Общая мощность отложения до 6,0 м. Абсолютные отметки подошвы слоя колеблются от 170,37 м до 182,83 м.

Отложения четвертичной системы залегают на отложениях меловой системы.

Отложения меловой сис темы

Отложения меловой системы на территории предполагаемого строительства представлены нерасчлененным комплексом нижнего отдела.

Нерасчлененный комплекс меловых отложений (K1) распространен повсеместно и представлен песками (ИГЭ-45), песчником (ИГЭ-45.1) и суглинком (ИГЭ-46). Песок (ИГЭ-45) темно-коричневый, серовато-коричневый, темно-серый, зеленовато-серый мелкий и пылеватый, однородный, плотный, водонасыщенный, слюдистый, глинистый, с включениями щебня и гравия песчаника. Песчаник (ИГЭ-45.1) коричневый, серовато-коричневый пониженной прочности, малопрочный, средней прочности, прослоями очень прочный, прослоями разрушенный до щебня, на железистом цементе, трещиноватый, выделен в интервале от ПК 09 до ПК 19, мощностью до 6,0 м. Абсолютные отметки подошвы песчаника колеблются от 146,06 м до 148,49 м. Суглинок (ИГЭ-46) темно-серо-зеленовато-коричневый, твердой и полутвердой консистенции, прослоями тугопластичный, с прослоями песка пылеватого выделен от начала строительства до ПК007+50,0, мощностью до 5,9 м. Общая мощность комплекса свыше 45,0 м.

Подошва отложений меловой системы на рассматриваемом участке строительства не вскрыта.

Гидрогеологические условия

Проектируемый участок линии метрополитена станция метро «Новаторов» - станция метро «Севастопольский проспект» расположен в пределах северного склона Теплостанской возвышенности. На территории строительства речная сеть не выявлена. Так же следует отметить, что районы работ расположены в черте города на территории плотной городской застройки с многочисленными подземными коммуникациями.

В районе строительства линии метрополитена станция метро «Улица Строителей» до ст. «Новаторов» повсеместно распространен надъюрский водоносный горизонт.

На отдельных участках зафиксированы линзы водонасыщенных надморенных флювиогляциальных песков, приуроченных к отложениям московской стадии оледенения и среднечетвертичным флювиогляциальным отложениям днепровско-московского межледниковья, образованные за счет инфильтрации атмосферных осадков.

Надъюрский водоносный горизонт распространен повсеместно и приурочен к песчаным отложениям меловой системы.

В районе строительства участка линии метрополитена станция метро «Улица Строителей» до ст. «Новаторов» горизонт носит напорно-безнапорный характер. Уровень надьюрского водоносного горизонта устанавливается на абсолютных отметках от 176,0 м на ПК 3+33,40 (на

глубине около 18 м от поверхности земли) постепенно снижаясь до 166,7 м на ПК011+36,8 (на глубине около 20 м от поверхности земли). Верхним водоупором, служат суглинки днепровско-московского межледниковья и днепровской стадии оледенения. Нижний водоупор не вскрыт.

Питание надъюрского водоносного горизонта, в основном, осуществляется за счет инфильтрации атмосферных осадков и из утечек многочисленных подземных коммуникаций.

Разгрузка водоносного горизонта происходит в засыпанные при планировке территории и в существующие ныне тальвеги разветвленной сети глубоких оврагов в сторону уменьшения абсолютных отметок их ложа.

В период продолжительных ливневых дождей и интенсивного снеготаяния, а также в случае нарушения поверхностного стока возможно колебание уровня подземных вод +/- 1,5 м (прогнозное изменение уровня), а также возможно образование вод типа «верховодка» в необводненных на момент изысканий техногенных и флювиогляциальных отложениях.

По химическому составу вода преимущественно гидрокарбонатно-кальциевая, жесткая и умеренно-жесткая (жесткость карбонатная), пресная, преимущественно неагрессивная, реже слабоагрессивная к бетону марки W4, неагрессивные к бетону марки W6, W8, W10-W12; неагрессивна к ж/б конструкциям при постоянном смачивании и слабоагрессивна при периодическом смачивании.

Физико-механические характеристики грунтов представлены в Приложении А.

1.3 Краткое описание проектируемого строительства

Монтажная камера предназначена для ведения щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов», расположена в пределах станционного комплекса ст. «Улица Строителей», в границах ТПП.

Длина камеры L=61,6м определена возможностью размещения конвейера для выдачи грунта при щитовой проходке в котловане Нср.=16,6м.

Монтажная камера сооружается в открытом котловане с ограждением из буросекущихся свай Ø800мм.

Устройство котлована Нкотл.макс.=18,6м, (Том 5.1.2) предусматривается с ограждением из буросекущихся свай Ø800мм hсвай=26,0м и 24,7м с шагом 0,6м, бетон армированных свай – класс по прочности на сжатие В30, бетон неармированных свай – В15.

До разработки грунта в котловане по верху ограждения из БСС устраивается монолитная железобетонная обвязочная балка (бетон – В30).

Разработку грунта в котловане предусмотрено вести поэтапно сверху вниз с одновременной установкой распорного крепления (5 ярусов).

Грунт в котловане разрабатывается в очередности, обеспечивающей устойчивость и геометрическую неизменяемость крепления котлована. Перед установкой яруса крепления из расстрелов грунт вдоль ограждающей конструкции разрабатывается на глубину 1,5м от оси расстрела с устройством бермы шириной не менее 2,5м. Разработка грунта ведется экскаватором обратная лопата V ковша 1,5м³ с доработкой грунта бульдозером и вручную.

В качестве распорного крепления котлована приняты стальные трубы (ГОСТ 10704-91) Ø720х8мм на 1 ярусе, Ø920х8мм на 2 ярусе, Ø920х10мм на 3 ярусе, Ø630х8мм на 4 и 5 ярусах. Шаг расстрелов – 4,3 м.

В качестве обвязочного пояса приняты пакеты из двутавров (ГОСТ Р57837-2017):

1 ярус - 3 двутавра 55Б1;

2 ярус - 4 двутавра 55Б1;

3 ярус - 4 двутавра 60Б1;

4 ярус - 2 двутавра 55Б1;

5 ярус - 2 двутавра 50Б1

Монтаж продольных поясов, расстрелов и подкосов осуществляется автокранами г/п 90т и г/п 25т.

После разработки грунта на дне котлована сооружается железобетонная лотковая плита для организации ввода ТПМК, размещения оборудования и обеспечения щитовой проходки тоннелей. Бетонирование плиты ведется с помощью автобетононасосов, электровибраторов и др. После набора прочности бетона 2 нижних яруса расстрелов демонтируется, распорной конструкцией является лотковая плита.

Для исключения попадания грунтовых вод в котлован и осадок дневной поверхности при врезке ТПМК, за торцевой стеной котлована предусмотрено устройство бетонных пригрузов из трех рядов бурокасательных (БКС) свай Ø800 мм, длиной 21,1 м, бетон свай – В15.

Приложении А, приведены выдержки из комплекта документации 17-4005-Л-П-ПОС 1.1, 17-4005-Л-П-ПОС 1.2.

В непосредственно близости от площадки строительства расположены здания по адресам: г. Москва, Ленинский проспект дом 74; г. Москва, Ленинский проспект дом 78; г. Москва, Ленинский проспект дом 81/2; г. Москва, Ленинский проспект дом 83, а также на эксплуатируемые коммуникаций попавшие в расчетную зону влияния нового строительства.

1.4 Краткое описание окружающей застройки

Таблица 1.4.1. Характеристики зданий окружающей застройки, попавшие в предварительную зону влияния нового строительства

№ на схеме	Наименование и адрес здания	Характеристика здания	Категория технического	Тип фундамента	Нагрузка на основание, кПа
	г. Москва, Ленинский проспект дом 74	К9/Ж	II*	Ленточный из монолитного железобетона	180
	г. Москва, Ленинский проспект дом 78	К9/Ж	III*	Ленточный из монолитного железобетона	180
	г. Москва, Ленинский проспект дом 81/2	К9/Ж	III*	Ленточный из монолитного железобетона	180
	г. Москва, Ленинский проспект дом 83	К8/Ж	II*	Ленточный из монолитного железобетона	180

Примечание:

** - Категории технического состояния зданий взяты из результатов обследования:*

- *17-4005-Л-П-ПЗ 2.10.4 – «Тех. отчет. Обследование технического состояния здания, расположенного по адресу г. Москва, Ленинский проспект, д.74»;*
- *17-4005-Л-П-ПЗ 2.10.3 – «Тех. отчет. Обследование технического состояния здания, расположенного по адресу г. Москва, Ленинский проспект, д.78»;*
- *17-4005-Л-П-ПЗ 2.10.5 – «Тех. отчет. Обследование технического состояния здания, расположенного по адресу г. Москва, Ленинский проспект, д.83»;*
- *17-4005-Л-П-ПЗ 2.10.2 – «Тех. отчет. Обследование технического состояния здания, расположенного по адресу г. Москва, Ленинский проспект, д.81/2»;*

Таблица 1.4.2. Описание коммуникаций, попавшие в расчетную зону влияния

№ на схеме	Наименование коммуникации
1	Коллектор из сборного ж/б 3500х3200 мм
2	Коллектор из сборного ж/б 3000х2700 мм
3	Газопровод стальная труба Ø600 мм
4	Водопровод стальная труба Ø300 мм
5	Теплосеть стальная труба 2х Ø125 мм
6	Кабельная канализация из сборного ж/б Ø400 мм
7	Кабельная канализация из сборного ж/б Ø500 мм

2. Математическое моделирование строительства.

2.1 Этапность моделирования несущих конструкций котлована в ПК «Plaxis 2D»

Этапы моделирования:

- **0-1 фаза (Initial State).** Моделирование начальных природных напряжений, предшествующих строительству. Инженерно-геологическое и гидрогеологическое строение участка соответствует напластованию грунтов на продольном профиле. Коэффициент бокового давления грунта (отношение горизонтальных эффективных напряжений к вертикальным) задается по результатам инженерно-геологических изысканий (см. Приложение А).

- **1 фаза.** Активация конструкций эксплуатируемых зданий (инженерных коммуникаций);

- **2 фаза.** Устройство ограждения ⌀800 мм, активация нагрузки от автокрана (принятому согласно разделу ПОС) на боковую бровку котлована;

- **2.1 фаза.** Устройство бетонного пригруза (для расчетных сечений 1-1, 2-2, 4-4);

- **3 фаза.** Разработка грунта первого яруса;

- **4 фаза.** Разработка грунта второго яруса, с последующим монтажом первого яруса распорных креплений;

- **5 фаза.** Разработка грунта третьего яруса, с последующим монтажом второго яруса распорных креплений;

- **6 фаза.** Разработка грунта четвертого яруса, с последующим монтажом третьего яруса распорных креплений;

- **7 фаза.** Разработка грунта пятого яруса, с последующим монтажом четвертого яруса распорных креплений;

- **8 фаза.** Устройство монолитного лотка ТПМК, с последующим демонтажем четвертого яруса распорных креплений;

- **9 фаза.** Устройство монолитных конструкций монтажно-щитовой камеры;

- **10 фаза.** Снятие 3-го яруса распорной системы с последующей обратной отсыпкой котлована;

- **11 фаза.** Снятие 2-го яруса распорной системы с последующей обратной отсыпкой котлована;

- **12 фаза.** Снятие 1-го яруса распорной системы с последующей обратной отсыпкой котлована;

2.2 Расчетные допущения

Количество расчетных сечений	6
Граничные условия	Граничные условия задаются путем фиксации боковых границ геометрической модели от горизонтальных, а нижней – от горизонтальных и вертикальных перемещений.
Ширина расчетной области	**Для сечения 1-1 – 55,80 м;** **Для сечения 2-2 – 55,80 м;** **Для сечения 3-3 – 55,80 м;** **Для сечения 4-4 – 55,80 м;** **Для сечения 5-5 – 26,30 м;** **Для сечения 6-6 – 26,30 м.** Ширина расчетной области математической модели принималась, согласно табл. Е.1 [1.2] (см. рис. 3.1): $a \geq 3H_t;$ *Для сечения 1-1: а = 3 х 18,6 = 55,8 м* *Для сечения 2-2: а = 3 х 18,6 = 55,8 м* *Для сечения 3-3: а = 3 х 18,6 = 55,8 м* *Для сечения 4-4: а = 3 х 18,6 = 55,8 м* a – ширина расчетной области (расстояние между ограждающей конструкцией и ближайшей границей расчетной области); H_t – глубина котлована.
Глубина расчетной области	**Для сечения 1-1 – 31,10 м;** **Для сечения 2-2 – 31,10 м;** **Для сечения 3-3 – 31,10 м;** **Для сечения 4-4 – 31,10 м;** **Для сечения 5-5 – 14,10 м;** **Для сечения 6-6 – 14,10 м;** Границы рабочей области по оси Z для задачи определения усилий в ограждающей конструкции принимается равной 5 м от подошвы конструкций ограждения. Полная глубина расчетной области составляет: *Для сечения 1-1: $H_{огр}$ + 5 = 26,1 + 5,0 = 31,10 м;*

	Для сечения 2-2: $H_{огр}$ + 5 = 26,1 + 5,0 = 31,10 м; *Для сечения 3-3: $H_{огр}$ + 5 = 26,1 + 5,0 = 31,10 м;* *Для сечения 4-4: $H_{огр}$ + 5 = 26,1 + 5,0 = 31,10 м;*
Модель грунта	**Hardening Soil** В качестве используемой модели дисперсного грунта применялась упругопластическая модель с упрочнением Hardening Soil. Данная модель рекомендована для расчетов открытых выработок, согласно табл. Е.3 [1.4.10].
Доверительная вероятность	**0,85 и 0,95** Расчет проводился по первой и второй группе предельных состояний, соответственно, все физико-механические свойства грунтов принимались по доверительной вероятности 0,85 и 0,95.
Коэффициент бокового давления	$\boldsymbol{K_0 = \frac{\nu}{(1-\nu)}}$ Формула для определения коэффициента бокового давления (отношения начальных горизонтальных эффективных напряжений к начальным эффективным вертикальным напряжениям в грунте) принималась, согласно рекомендациям «PLAXIS».
Контактный элемент	Взаимодействие между конструкцией и грунтом моделируется при помощи специальных контактных поверхностей – интерфейсов. На контактном элементе меняются как деформационные, так и прочностные характеристики грунтов, прилегающих к конструкции. **Прочностные свойства:** $c_{inter} = 0$ для всех грунтов; $\varphi_{inter} = \varphi_{soil} * 0{,}5$ для дисперсных грунтов, находящихся выше уровня грунтовых вод; $\varphi_{inter} = \varphi_{soil} * 0{,}33$ для дисперсных грунтов, находящихся ниже уровня грунтовых вод; Значения определялись, согласно табл. 9.1 [1.1]. **Деформационные свойства:** $K_s = 5000$ для контакта «супесь-бетон»; $K_s = 10000$ для контакта «песок-бетон»;

	$K_s =$ 20000 для контакта «суглинок-бетон»; Значения определялись, согласно табл. 2 [1.4.16]. В программном комплексе «PLAXIS» отсутствует возможность введения значений касательной жесткости интерфейса напрямую, поэтому в зависимости от выбранного значения K_s понижается E или R_{inter}, учитывая формулу $G_{inter} = G_{soil} * {R_{inter}}^2$.
Нагрузки от существующих зданий и сооружений	Нагрузка от строительного крана на бровку котлована q=24,70 кН/м^2 q = m_o*g /A = $\frac{149{,}7\ \text{т} * 9{,}81\ \text{с/м2}}{59{,}5\ \text{м2}} \approx 24{,}70$ кН/м^2, где $m_o = m_{кр}$ + 54,7 т ($m_{кр}$ – масса крана по паспорту); g – ускорение свободного падения; A – грузовая площадь по паспорту крана, 95 т – максимальная грузоподъемность крана

3. Выводы и рекомендации.

3.1 По результатам геотехнических расчетов оценки влияния строительства проектируемой на сооружения окружающей застройки и эксплуатируемые коммуникации, были определены деформации, а также необходимость применения противоаварийных мероприятий и мониторинга при устройстве котлована монтажно-щитовой камеры.

3.2 На основании представленных исходных данных методом математического моделирования проведено исследование напряженно-деформированного состояния грунтового массива при устройстве монтажно-щитовой камеры на ПК011 на объекте: «Линия метрополитена станция метро «Новаторов» - станция метро «Севастопольский проспект». Этап 2.3 «Подготовительные работы для организации щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов» и определены максимальные прогнозные осадки и относительные разности осадок зданий по адресам: г. Москва, Ленинский проспект дом 74; г. Москва, Ленинский проспект дом 78; г. Москва, Ленинский проспект дом 81/2; г. Москва, Ленинский проспект дом 83, а также на эксплуатируемые коммуникаций попавшие в расчетную зону влияния нового строительства.

3.3 Оценка влияния проводилась методом математического моделирования в программно-вычислительном комплексе «Plaxis 2D», в соответствии с проектными решениями, см. комплект чертежей 17-4005-Л-П-ПОС 1.1; 17-4005-Л-П-ПОС 1.2.

3.4 Расчетная зона влияния строительства проектируемого котлована была составлена на основе 4 расчетных сечении рассмотренных в данном техническом отчете. Максимальный радиус расчетной зоны влияния (изолинии осадок 1 мм) составил **60,1 м** и представлен в графическом виде в Приложении В.

3.5 Для расчетного сечения 1-1:

3.5.1 Дополнительные деформации и вызванные ими внутренние усилия в кабельном коллекторе не приводят к потере несущей способности и эксплуатационной пригодности, эксплуатируемый кабельный коллектор, результаты несущей способности конструкции коллектора 3500х3200 мм при производстве работ по объекту приведены Таблице №3.2. **Необходимость применения защитных мероприятий отсутствует.** Значения дополнительных вертикальных и горизонтальных перемещений приведены в Таблице №3.1.

3.5.2 Максимальная дополнительная расчетная осадка и относительная разность осадок здания по адресу г. Москва, Ленинский проспект дом 78, расположенного в предварительной зоне влияния строительных работ составили **менее 1 мм** и **0,00002** соответственно. **Необходимость применения мероприятий отсутствует. Необходимость ведения геотехнического**

мониторинга отсутствует. Результаты геотехнического прогноза приведены в сводной таблице №3.3.

3.6 Для расчетного сечения 2-2:

3.6.1 Дополнительные деформации и вызванные ими внутренние усилия в кабельном коллекторе не приводят к потере несущей способности и эксплуатационной пригодности, эксплуатируемый кабельный коллектор, результаты несущей способности конструкции коллектора 3500х3200 мм при производстве работ по объекту приведены Таблице №3.2. **Необходимость применения защитных мероприятий отсутствует.** Значения дополнительных вертикальных и горизонтальных перемещений приведены в Таблице №3.1.

3.7 Для расчетного сечения 3-3:

3.7.1 Дополнительные деформации и вызванные ими внутренние усилия в кабельном коллекторе не приводят к потере несущей способности и эксплуатационной пригодности, эксплуатируемый кабельный коллектор, результаты несущей способности конструкции коллектора 3000х2700 мм при производстве работ по объекту приведены Таблице №3.2. **Необходимость применения защитных мероприятий отсутствует.** Значения дополнительных вертикальных и горизонтальных перемещений приведены в Таблице №3.1.

3.7.2 Максимальная дополнительная расчетная осадка и относительная разность осадок здания по адресу г. Москва, Ленинский проспект дом 74, расположенного в предварительной зоне влияния строительных работ составили **2,3 мм** и **0,00005** соответственно. Величины дополнительной осадки и относительная разность осадок фундамента здания не превышают предельно допустимое значение осадки (30мм и 0,0015), полученное по результатам обследования здания. Результаты геотехнического прогноза приведены в сводной таблице №3.3.

3.7.3 Максимальная дополнительная расчетная осадка и относительная разность осадок здания по адресу г. Москва, Ленинский проспект дом 81/2, расположенного в предварительной зоне влияния строительных работ составили **5,8 мм** и **0,0003** соответственно. Величины дополнительной осадки и относительная разность осадок фундамента здания не превышают предельно допустимое значение осадки (10 мм и 0,0007), полученное по результатам обследования здания. Результаты геотехнического прогноза приведены в сводной таблице №3.3.

3.7.4 Дополнительные деформации и вызванные ими внутренние усилия в газопроводе (позиция 3) не приводят к потере несущей способности и эксплуатационной пригодности, результаты расчета проверки прочности см. Приложение К. Коэффициент запаса прочности газопровода после устройства котлована монтажно-щитовой камеры составил = **20,17**. **Необходимость применения защитных мероприятий отсутствует**.

3.7.5 Дополнительные деформации и вызванные ими внутренние усилия в водопроводе (позиция 4) не приводят к потере несущей способности и эксплуатационной пригодности, результаты расчета проверки прочности см. Приложение К. Коэффициент запаса прочности водопровода после устройства котлована монтажно-щитовой камеры составил = **3,67**. **Необходимость применения защитных мероприятий отсутствует**.

3.7.6 Дополнительные деформации и вызванные ими внутренние усилия в теплосети (позиция 5) не приводят к потере несущей способности и эксплуатационной пригодности, результаты расчета проверки прочности см. Приложение К. Коэффициент запаса прочности теплосети после устройства монтажно-щитовой камеры составил = **4,67**. **Необходимость применения защитных мероприятий отсутствует**.

3.7.7 Дополнительные деформации и вызванные ими внутренние усилия в кабельной канализации (позиция 6) не приводят к потере несущей способности и эксплуатационной пригодности, результаты расчета на осевое раскрытие стыка см. Приложение К. Величина раскрытия осевого стыка составила **0,00063**, что меньше предельно допустимого значения раскрытия стыка, которая составляет 0,003 м. **Необходимость применения защитных мероприятий отсутствует**.

3.7.8 Дополнительные деформации и вызванные ими внутренние усилия в кабельной канализации (позиция 7) не приводят к потере несущей способности и эксплуатационной пригодности, результаты расчета на осевое раскрытие стыка см. Приложение К. Величина раскрытия осевого стыка составила **0,0009**, что меньше предельно допустимого значения раскрытия стыка, которая составляет 0,003 м. **Необходимость применения защитных мероприятий отсутствует**.

3.8 Для расчетного сечения 4-4:

3.8.1 Дополнительные деформации и вызванные ими внутренние усилия в кабельном коллекторе не приводят к потере несущей способности и эксплуатационной пригодности, эксплуатируемый кабельный коллектор, результаты несущей способности конструкции коллектора 3500х3200 мм при производстве работ по объекту приведены Таблице №3.2. **Необходимость применения защитных мероприятий отсутствует.** Значения дополнительных вертикальных и горизонтальных перемещений приведены в Таблице №3.1.

3.8.2 Максимальная дополнительная расчетная осадка и относительная разность осадок здания по адресу г. Москва, Ленинский проспект дом 83, расположенного в предварительной зоне влияния строительных работ составили **менее 1 мм** и **0,00002** соответственно. **Необходимость применения мероприятий отсутствует. Необходимость ведения геотехнического**

мониторинга отсутствует. Результаты геотехнического прогноза приведены в сводной таблице №3.3.

По результатам выполненных расчетов можно сделать вывод об отсутствии необходимости противоаварийных мероприятий для существующих зданий и коммуникаций, попавших в предварительную зону влияния.

3.9 Для расчетных сечений 5-5 и 6-6

3.9.1 Результаты несущей способности конструкций коллектора при производстве работ по Объекту приведены в таблице №3.2, подробные расчеты приведены в Приложении К.

3.9.2 По результатам выполненных расчетов (см. сечение 5-5) влияния строительства технологической дороги на конструкции коллектора 3500х3200 мм коэффициент запаса по несущей способности и ширине раскрытия трещин составляет менее 1, необходимо предусмотреть защитные мероприятия с целью сохранения его эксплуатационной пригодности. При реализации защитных мероприятий (см. сечение 6-6) эксплуатационная надежность и сохранность обеспечены.

3.10 На весь период устройства котлована проектируемой монтажно-щитовой камеры на ПК011 по объекту: «Линия метрополитена станция метро «Новаторов» - станция метро «Севастопольский проспект». Этап 2.3 «Подготовительные работы для организации щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов» необходимо предусмотреть мониторинг за техническим состоянием зданий по адресам: Ленинский проспект дом 74; г. Москва, Ленинский проспект дом 81/2.

3.11 По результатам геотехнических и прочностных расчетов можно сделать вывод о том, что прочность всех элементов конструкции канала теплосети обеспечена. Коэффициенты запаса прочности (см. Таблица 3.2) удовлетворяют условию прочности по первой группе предельных состояний и остаются большими 1,00.

3.12 Максимальные значения ширины раскрытия трещин железобетонных элементов конструкций канала теплосети удовлетворяют условию расчетов по второй группе предельных состояний и остаются меньшими 0,40мм (см. приложение К).

Таблица 3.1. Прогнозные максимальные дополнительные осадки и отклонения инженерных коммуникаций, попадающих в предварительную и расчетную зоны влияния строительства.

№ коммуникации*	Наименование	Результаты расчетов				Предельно допустимые значения		Протяженность коммуникации, попадающей в зону влияния, м
		Дополнительные вертикальные перемещения, мм	Дополнительные горизонтальные перемещения, мм	Раскрытие стыка стыка, м	Напряжения, МПа	Разгерметизация стыка, м	Напряжения	
1	Коллектор 3500х3200 мм ж.б. (сечение 1-1)	-5,8	6,4	-	-	-	-	17,0
1	Коллектор 3500х3200 мм ж.б. (сечение 2-2)	-3,3	5,9	-	-	-	-	75,0
2	Коллектор 3000х2700 мм ж.б. (сечение 3-3)	-8,36	19,3	-	-	-	-	131,8
3	Газопровод стальная труба dн = 600 мм (сечение 3-3)	-2,8	10,4	-	5,34	-	107,61	135,25
7	Кабельная канализация dн = 400 мм ж.б. (сечение 3-3)	-4,11	13,18	0,00063	-	0,003	-	86,1
6	Кабельная канализация dн = 500 мм ж.б. (сечение 3-3)	-12,34	18,33	0,0009	-	0,003	-	14,9
4	Водоснабжение ст. труба dн = 300 мм (сечение 3-3)	-9,5	-15,1	-	45,37	-	166,30	154,2
5	Теплосеть ст. труба dн = 2х125 мм (сечение 3-3)	-5,9	11,8	-	35,12	-	156,52	33,8
2	Коллектор 3500х3200 мм ж.б. (сечение 4-4)	-13,70	5,74	-	-	-	-	75,0
4	Водоснабжение ст. труба dн = 300 мм (сечение 4-4)	-2,35	5,0	-	45,37	-	166,30	154,2

Таблица 3.2 Несущая способность конструкций коллектора.

	Внутренние усилия по первому предельному состоянию		Внутренние усилия по второму предельному состоянию		Ширина раскрытия трещин	Коэф-т запаса прочности
	Изгибающий момент, кНм	Продольное усилие, кН	Изгибающий момент, кНм	Продольное усилие, кН		
Конструкции коллектора 3500х3200 (расчетное сечение 1-1)						
Плита покрытия	66,50	-	66,50	-	-	1,295
Стеновой блок	57,77	85,00	54,88	80,75	-	1,517
Лотковый блок	25,53	35,30	24,25	33,54	-	2,237
Конструкции коллектора 3500х3200 (расчетное сечение 2-2)						
Плита покрытия	6,82	-	6,82	-	-	3,656
Стеновой блок	15,40	26,50	14,63	25,18	-	3,586
Лотковый блок	15,40	33,60	14,63	31,92	-	3,986
Конструкции коллектора 3200х3000 (расчетное сечение 3-3)						
Плита покрытия	3,02	-	3,02	-	-	5,746
Стеновой блок	10,54	14,06	10,02	13,36	-	5,055
Лотковый блок	10,54	15,29	10,02	14,53	-	1,587
Конструкции коллектора 3500х3200 (расчетное сечение 4-4)						
Плита покрытия	2,27	-	2,27	-	-	3,662
Стеновой блок	11,26	15,83	9,57	13,46	-	6,489
Лотковый блок	11,26	25,33	9,57	21,53	-	4,475
Конструкции коллектора 3500х3200 (расчетное сечение 5-5) Расчетное сечение без противоаварийных мер (Нагрузка по первой схеме)						
Плита покрытия	53,22	-	53,22	-	0,119	1,155
Стеновой блок	41,66	143,20	35,41	121,72	-	1,953
Лотковый блок	69,58	101,60	59,14	86,36	0,211	4,475
Конструкции коллектора 3500х3200 (расчетное сечение 5-5) Расчетное сечение без противоаварийных мер (Нагрузка по второй схеме)						

Плита покрытия	61,76	-	61,76	-	0,163	0,996 (ус-ие запаса прочности не вып-но
Стеновой блок	56,82	132,70	48,30	112,80	0,124	1,547
Лотковый блок	74,33	108,5	63,18	92,23	0,238	1,207
Конструкции коллектора 3500х3200 (расчетное сечение 6-6) Расчетное сечение с учетом противоаварийными мерами (Нагрузка по первой схеме)						
Плита покрытия	49,42	-	49,42	-	0,10	1,244
Стеновой блок	60,49	129,50	51,42	110,08	0,147	1,463
Лотковый блок	59,89	102,20	50,90	86,87	0,151	1,442
Конструкции коллектора 3500х3200 (расчетное сечение 6-6) Расчетное сечение с учетом противоаварийными мерами (Нагрузка по второй схеме)						
Плита покрытия	50,12	-	50,12	-	0,103	1,227
Стеновой блок	56,92	131,3	48,38	111,60	0,126	1,545
Лотковый блок	63,82	109,0	54,25	92,65	0,179	1,342

Таблица 3.3 Прогнозные максимальные дополнительные осадки и относительные разности осадок зданий, попадающих в расчетную зону влияния строительства.

№ сечения	Адрес здания	Категория технического состояния здания	Результаты расчетов		Предельно допустимые значения		Расчетная зона влияния, м
			Дополнительная осадка, мм	Относительная разность осадок	Дополнительная осадка, мм	Относительная разность осадок	
1-1	г. Москва, Ленинский проспект 78	III	менее 1	-	20	0,001	41,6
3-3	г. Москва, Ленинский проспект 74	II	2,30	0,00005	30	0,0015	54,5 - 60,1
3-3	г. Москва, Ленинский проспект 81/2	III	5,8	0,0003	10	0,0007	54,5 - 60,1
4-4	г. Москва, Ленинский проспект 83	II	менее 1	-	30	0,0015	45,5

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение А. Исходные данные.

Рисунок А.1 Фрагмент геоподосновы с намеченными расчетными сечениями 1-1 – 4-4.

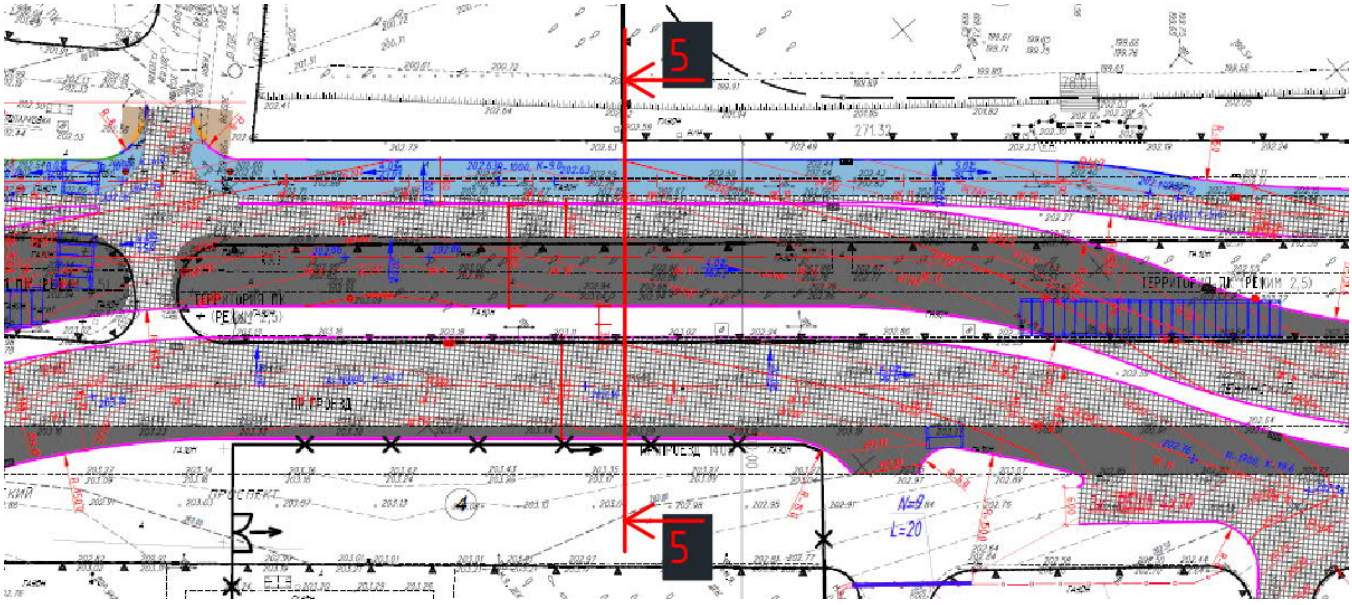


Рисунок А.2 Фрагмент геоподосновы с намеченными расчетным сечением 5-5.

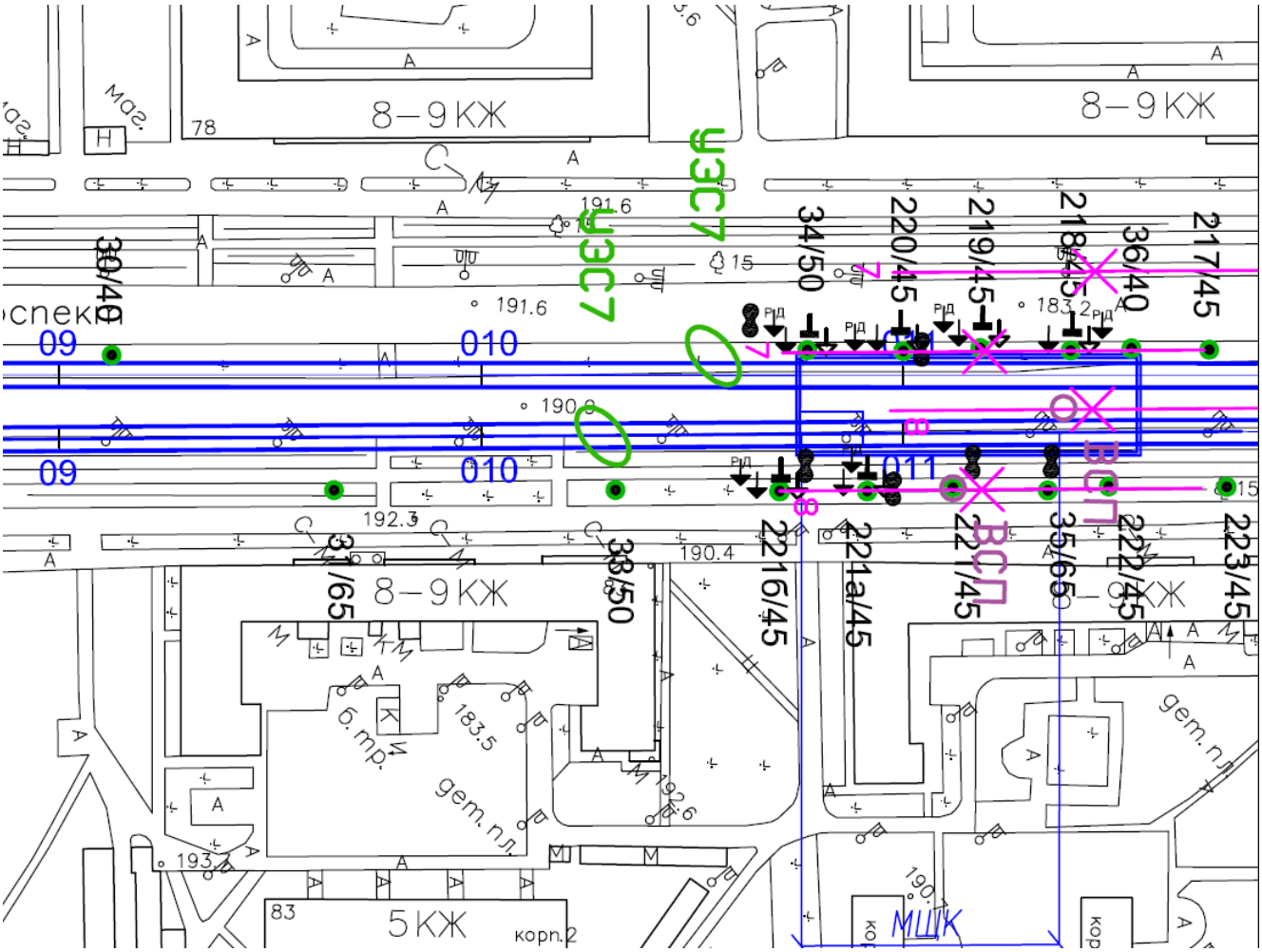


Рисунок А.3 Фрагмент геоподосновы на ПК 009– ПК 011 с расположением инженерно-геологических скважин

ОПИСАНИЕ ВЫРАБОТКИ

Скважина № 30783

Объект: Станция метро «Новаторов»-станция метро «Севастопольский проспект»
Абсолютная отметка устья, м: 188,61 Дата окончания бурения 15.02.2019
Абсолютные координаты: X=1773,11 Y=2488,11 Глубина выработки 50,00 м

Геологич. индекс	Абс. отм. подошвы слоя, м	Глубина подошвы м	Мощн. слоя, м	№ ИГЭ	Описание грунтов	Грунтовые воды	
						появл.	устан.
solQIV	188,31	0,30	0,30	0	Почвенно-растительный слой solQIV		
tQIV	187,41	1,20	0,90	1.1	Насыпь-Суглинок серовато-коричневый, песчанистый, легкий, тугоплст., с вкл. щебня, дресвы осадочных пород , с вкл. щебня кирпича, tQIV		
fQIIms	185,21	3,40	2,20	27	Суглинок светло-коричневый, песчанистый, тяжелый, полутврд., прослоями твердый, с вкл. до 10% гравия, гальки осадочных пород, fQIIms		
gQIIdn	176,21	12,40	9,00	36	Суглинок коричневый, песчанистый, легкий, полутврд., прослоями твердый, с вкл. до 10% щебня, дресвы осадочных пород, gQIIdn		
fQIIok-dn	172,61	16,00	3,60	38	Песок мелкий светло-серый, маловлжн., с прослоями песка ср. крупности, глинистый, fQIIok-dn		
K1	166,61	22,00	6,00	45	Песок мелкий светло-коричневый, маловлжн., с прослоями песка ср. крупности, глинистый, K1		
K1	163,61	25,00	3,00	45	Песок мелкий коричневато-серый, влажный, с 24 м водонасыщенный, глинистый, K1	24,00 ------ 164,61	24,00 ------ 164,61
K1	151,61	37,00	12,00	45	Песок мелкий светло-коричневый, водонасыщ., на гл. 36,3 м - песчаник, глинистый, K1		
K1	149,61	39,00	2,00	45.1	Песок пылеватый светло-коричневый, водонасыщ., с редкими прослоями песчаника, разрушен до щебня, глинистый, K1		
K1	146,61	42,00	3,00	45	Песок мелкий серовато-коричневый, водонасыщ., глинистый, K1		
K1	138,61	50,00	8,00	45	Песок мелкий коричневато-темно-серый, водонасыщ., K1		

Составил: Заболотский Д.А.

Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	БМС-1-3-ПЗ 2.1	Лист

Рисунок А.4 Инженерно-геологическая скважина №30783, внесенная в расчетную модель в ПВК «Plaxis 2D» для расчетных сечений 1-1, 2-2

ОПИСАНИЕ ВЫРАБОТКИ

Скважина № 31067

Объект: Станция метро «Новаторов»-станция метро «Севастопольский проспект»
Абсолютная отметка устья, м: 188,27 Дата окончания бурения 06.11.2019
Абсолютные координаты: X=1762,51 Y=2522,85 Глубина выработки 45,00 м

Геологич. индекс	Абс. отм. подошвы слоя, м	Глубина подошвы м	Мощн. слоя, м	№ ИГЭ	Описание грунтов	Грунтовые воды	
						появл.	устан.
solQIV	188,07	0,20	0,20	0	Почвенно-растительный слой solQIV		
tQIV	186,27	2,00	1,80	1.1	Насыпной грунт суглинок, желтовато-коричневый, песчанистый, тяжелый, полутврд., с вкл. корней растений, tQIV		
fQIIms	184,27	4,00	2,00	27	Суглинок желто-красновато-коричневый, песчанистый, тяжелый, полутврд., с редким вкл. дресвы, fQIIms		
gQIIdn	178,47	9,80	5,80	36	Суглинок красновато-коричневый, песчанистый, легкий, полутврд. прослоями тугопласт., с редкими прослоями песка мелкого влажн., с вкл. до 10% щебня, дресвы осадочных пород, gQIIdn		
fQIIok-dn	176,77	11,50	1,70	38	Песок мелкий светло-коричневый, серовато-коричневый, маловлжн., с прослоями суглинка, глинистый, fQIIok-dn		
fQIIok-dn	173,27	15,00	3,50	38	Песок мелкий светло-желтый, маловлжн., fQIIok-dn		
K1	169,27	19,00	4,00	45	Песок пылеватый бело-серый, гнездами желтый, маловлжн., слабослюдистый, K1		
K1	165,77	22,50	3,50	45	Песок мелкий рыжевато-желтый, маловлжн., с редкими прослоями песка ср. крупности, слабослюдистый, K1		
K1	163,27	25,00	2,50	45	Песок мелкий прослоями пылеватый, бело-серый, маловлжн. с гл. 21,0 м влажный, с гл. 22,5м водонасыщ., слабослюдистый, K1	23,00 ------ 165,27	22,80 ------ 165,47
K1	153,27	35,00	10,00	45	Песок мелкий прослоями пылеватый, рыжевато-желтый, серо-рыжий, водонасыщ. с плохой водоотдачей, слабослюдистый, глинистый, K1		
K1	146,27	42,00	7,00	45.1	Песчаник серо-коричневый, водоносный, с частыми прослоями песка мелкого глинистого водонасыщ., разрушенный до щебня, K1		
K1	143,27	45,00	3,00	45	Песок пылеватый темно-серый, водонасыщ., глинистый, слюдистый, K1		

Составил: Заболотский Д.А.

Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	БМС-1-3-ПЗ 2.1	Лист

Рисунок А.5 Инженерно-геологическая скважина №31067, внесенная в расчетную модель в ПВК «Plaxis 2D» для расчетного сечения 3-3

144

ОПИСАНИЕ ВЫРАБОТКИ

Скважина № 31187

Объект: Станция метро «Новаторов»-станция метро «Севастопольский проспект»
Абсолютная отметка устья, м: 187,47 Дата окончания бурения 17.07.2019
Абсолютные координаты: X=1804,87 Y=2514,13 Глубина выработки 45,00 м

Геологич. индекс	Абс. отм. подошвы слоя, м	Глубина подошвы м	Мощн. слоя, м	№ ИГЭ	Описание грунтов	Грунтовые воды	
						появл.	устан.
solQIV	187,27	0,20	0,20	0	Почвенно-растительный слой solQIV		
tQIV	186,07	1,40	1,20	1.1	Насыпной грунт суглинок, серый, легкий, тугоплст., с вкл. до 5% дресвы, щебня, мусора строительного(кирпичи), tQIV		
fQIIms	182,47	5,00	3,60	27	Суглинок светло-коричневый, мягкоплст., В интервале 3,7-4,0 песок светло-коричневый, мелкий, На глубине 2,0-2,2 2,3-2,4 4,4-4,5 4,7-4,8 обломки валунов осадочных пород, fQIIms		
gQIIdn	176,77	10,70	5,70	36	Суглинок красновато-коричневый, полутврд., с вкл. до 10% дресвы, гравия, щебня, gQIIdn		
gQIIdn	176,47	11,00	0,30	36	Суглинок светло-коричневый, песчанистый, легкий, тугоплст. прослоями мягкоплст., gQIIdn		
fQIIok-dn	172,47	15,00	4,00	38	Песок мелкий светло-серый, В интервале 12,0-14,0 светло-коричневый, маловлжн., fQIIok-dn		
K1	167,47	20,00	5,00	45	Песок мелкий темно-коричневый, влажный, K1		
K1	152,47	35,00	15,00	45	Песок мелкий прослоями пылеватый, светло-коричневый, водонасыщ., глинистый, K1	20,00 ------ 167,47	19,60 ------ 167,87
K1	145,47	42,00	7,00	45.1	Песчаник буро-серый, водоносный, с частыми прослоями песка мелкого, желтовато-коричневого, водонасыщ., глинистого, разрушенный до щебня и гравия, K1		
K1	142,47	45,00	3,00	45	Песок пылеватый зеленовато-коричневый, водонасыщ., K1		

Составил: Заболотский Д.А.

Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	БМС-1-3-ПЗ 2.1	Лист

Рисунок А.6 Инженерно-геологическая скважина №31187, внесенная в расчетную модель в ПВК «Plaxis 2D» для расчетного сечения 3-3

134

ОПИСАНИЕ ВЫРАБОТКИ

Скважина № 31069

Объект: Станция метро «Новаторов»-станция метро «Севастопольский проспект»
Абсолютная отметка устья, м: 189,10 Дата окончания бурения 06.11.2019
Абсолютные координаты: X=1746,62 Y=2509,49 Глубина выработки 45,00 м

Геологич. индекс	Абс. отм. подошвы слоя, м	Глубина подошвы м	Мощн. слоя, м	№ ИГЭ	Описание грунтов	Грунтовые воды	
						появл.	устан.
solQIV	188,90	0,20	0,20	0	Почвенно-растительный слой solQIV		
tQIV	187,10	2,00	1,80	1.1	Насыпной грунт суглинок, серо-черный, красно-коричневый, песчанистый, легкий, полутврд., с вкл. до 10% щебня, мусора строительного, корней деревьев, tQIV		
fQIIms	184,30	4,80	2,80	27	Суглинок красновато-коричневый, песчанистый, легкий, полутврд. прослоями тугопласт., с прослоями глины тугопласт., с вкл. до 10% щебня, дресвы, ожелезненный, fQIIms		
gQIIdn	178,00	11,10	6,30	36	Суглинок красно-коричневый, песчанистый, легкий, полутврд., с редкими линзами песка пылеватого, с вкл. до 15% щебня, дресвы осадочных пород, gQIIdn		
fQIIok-dn	177,10	12,00	0,90	38	Песок пылеватый прослоями мелкий, желто-коричневый, маловлжн., с прослоями суглинка, слабослюдистый, fQIIok-dn		
fQIIok-dn	174,60	14,50	2,50	38	Песок мелкий серо-зеленый, бело-серый, маловлжн., слабослюдистый, fQIIok-dn		
fQIIok-dn	173,10	16,00	1,50	38	Песок мелкий прослоями средний, коричневато-желтый, маловлжн., слабослюдистый, fQIIok-dn		
K1	166,70	22,40	6,40	45	Песок мелкий коричневато-серый, маловлжн., K1		
K1	165,10	24,00	1,60	45	Песок мелкий прослоями пылеватый, коричневато-серый, водонасыщ., слюдистый, K1	22,40 ------ 166,70	21,70 ------ 167,40
K1	162,10	27,00	3,00	45	Песок мелкий прослоями пылеватый, желтовато-коричневый, водонасыщ., глинистый, K1		
K1	153,10	36,00	9,00	45	Песок пылеватый серо-коричневый, водонасыщ., глинистый, слюдистый, K1		
K1	151,10	38,00	2,00	45.1	Песчаник темно-серый, тонкозернистый, водоносный, с прослоями водонасыщенного песка, разрушенный до щебня, K1		
K1	146,10	43,00	5,00	45.1	Песчаник буро-серый, тонкозернистый,		

Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм | Кол.уч. | Лист | № док. | Подп. | Дата

БМС-1-3-ПЗ 2.1

Лист

Рисунок А.7 Инженерно-геологическая скважина №31069, внесенная в расчетную модель в ПВК «Plaxis 2D» для расчетного сечения 4-4 (начало)

135

Геологич. индекс	Абс. отм. подошвы слоя, м	Глубина подошвы м	Мощн. слоя, м	№ ИГЭ	Описание грунтов	Грунтовые воды	
						появл.	устан.
					водоносный, с прослоями водонасыщенного песка, разрушенный до щебня, К1		
К1	144,10	45,00	2,00	45	Песок мелкий просоями пылеватый, темно-коричневый, водонасыщ. с плохой водоотдачей, глинистый, слюдистый, К1		

Составил: Заболотский Д.А.

Взам. инв. № | Подп. и дата | Инв. № подл.

Изм	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	БМС-1-3-ПЗ 2.1	Лист

Рисунок А.8 Инженерно-геологическая скважина №31069, внесенная в расчетную модель в ПВК «Plaxis 2D» для расчетного сечения 4-4 (конец)

Таблица верифицированных характеристик грунтов

ИГЭ/РГЭ	Наименование грунта	Модуль деформации E_{50}^{ref} МПа	Одометрический модуль E_{oed}^{ref} МПа	Модуль упругости E_{ur}^{ref} МПа	Коэффициент переуплотнения OCR	Коэффициент Пуассона разгрузке υ_{ur}	Степень зависимости жесткости от напряжения m	Угол дилатансии ψ	Угол внутреннего трения, ϕ, град	Сцепление, С Мпа	Коэффициент бокового давления, K0	Pref
24+30	Песок											
Нормативное значение по верифицированным показателям		37,5	46,1	187,3		0,18	0,588	5,6	37,8	0,004	0,40	0,205
Расчетное значение 0,85 по верифицированным показателям		33,7	36,8	166,0		0,18	0,564	5,0	37,0	0,003	0,37	0,205
Расчетное значение 0,95 поверифицированным показателям		30,2	28,6	147,1		0,17	0,542	4,4	36,3	0,003	0,35	0,205
27+33	Суглинок											
Нормативное значение по верифицированным показателям		15,5	10,0	73,4	2,08	0,19	0,243	-1,4	21,0	0,021	0,64	0,075
Расчетное значение 0,85 по верифицированным показателям		14,6	9,6	68,3	2,04	0,19	0,227	-1,4	20,6	0,018	0,63	0,075
Расчетное значение 0,95 поверифицированным показателям		13,8	9,3	63,8	2,00	0,18	0,213	-1,4	20,3	0,016	0,63	0,075
36+28	Суглинок											
Нормативное значение по верифицированным показателям		32,2	19,8	171,6	2,25	0,21	0,636	-1,3	23,8	0,078	0,60	0,230
Расчетное значение 0,85 по верифицированным показателям		30,1	19,5	163,1	2,16	0,20	0,578	-1,3	23,0	0,075	0,58	0,230
Расчетное значение 0,95 поверифицированным показателям		28,3	19,2	155,6	2,07	0,19	0,527	-1,3	22,3	0,073	0,57	0,230
38	Песок											
Нормативное значение по верифицированным показателям		38,0	48,4	169,6		0,2	0,582	5,3	37,3	0,007	0,45	0,185
Расчетное значение 0,85 по верифицированным показателям		35,8	41,9	152,3		0,23	0,509	4,3	35,2	0,006	0,43	0,185
Расчетное значение 0,95 поверифицированным показателям		34,3	37,1	139,6		0,23	0,455	3,6	33,7	0,005	0,41	0,185
45	Песок											
Нормативное значение по верифицированным показателям		17,8	25,6	55,2		0,2	0,482	3,8	27,5	0,005	0,54	0,255
Расчетное значение 0,85 по верифицированным показателям		17,7	25,1	50,9		0,22	0,474	3,3	26,8	0,005	0,53	0,255
Расчетное значение 0,95 поверифицированным показателям		17,5	24,7	47,7		0,22	0,469	2,9	26,2	0,004	0,52	0,255

Инженер: Заболотский Д.А. Ведущий инженер: Сорокина Е.Л.

Рисунок А.9 Таблица физико-механических свойств грунтов

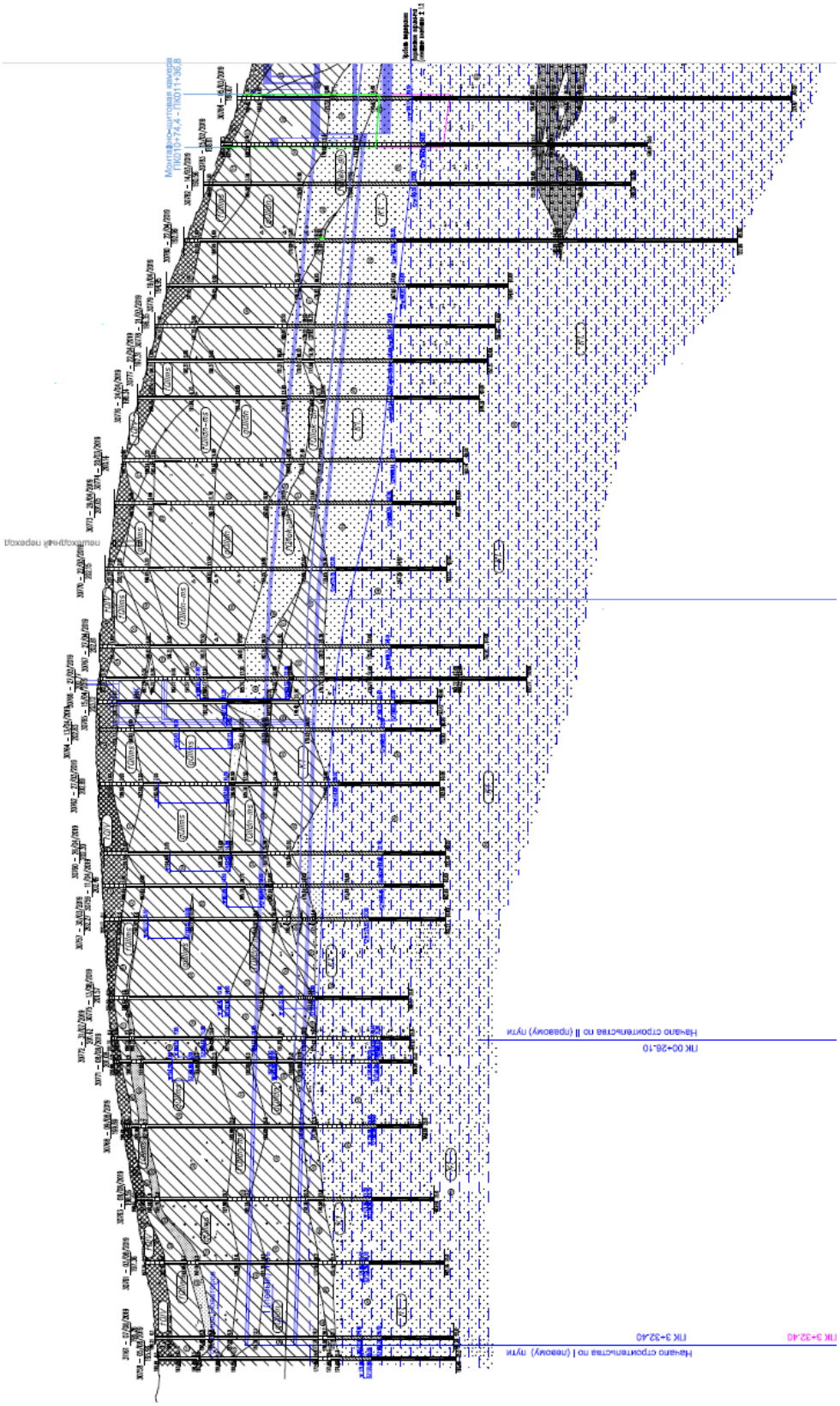


Рисунок А.10 Фрагмент инженерно-геологического профиля от скважины №30758 до скважины №30784

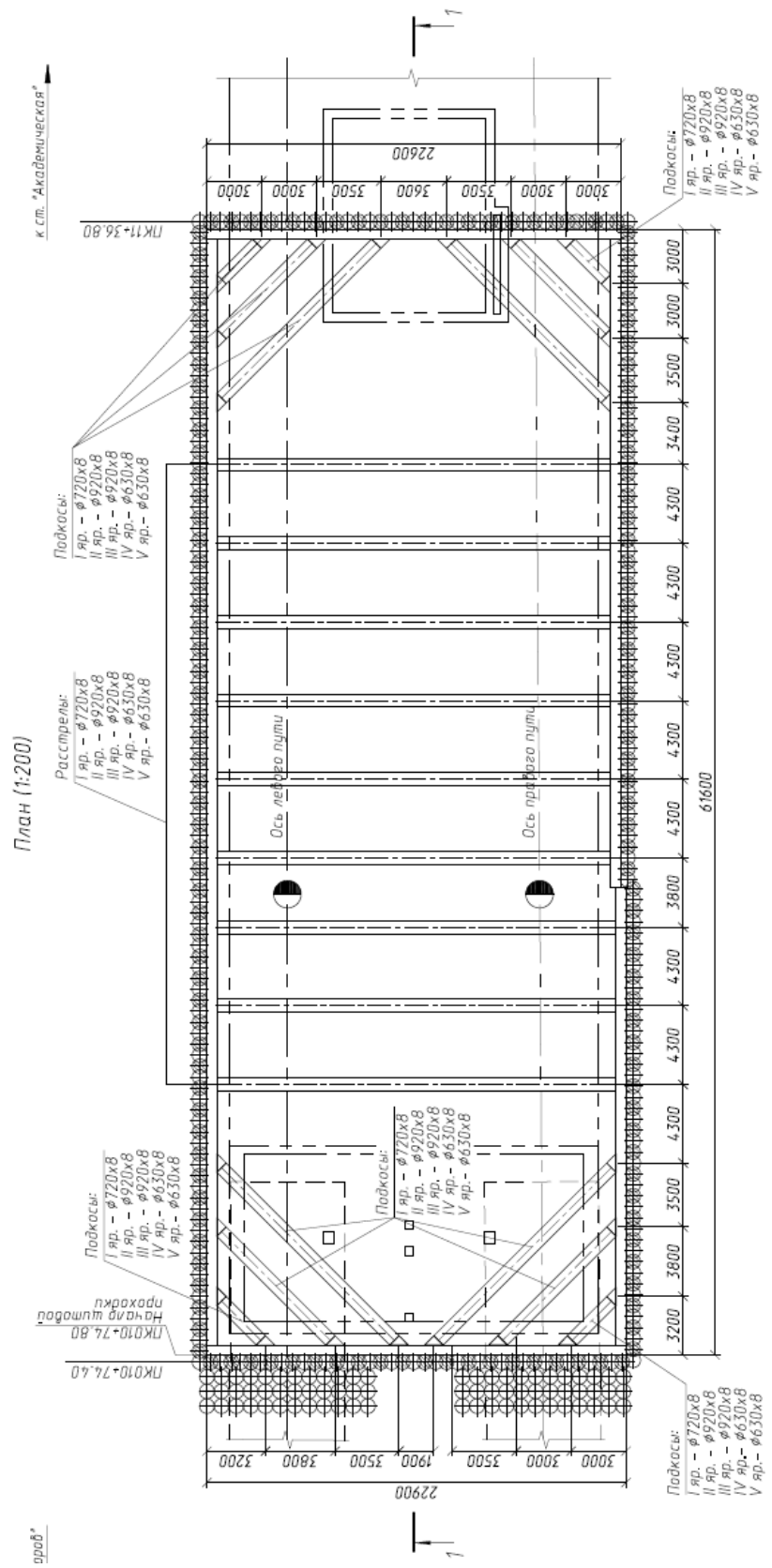


Рисунок А.11 План ограждения котлована проектируемой монтажно-щитовой камеры

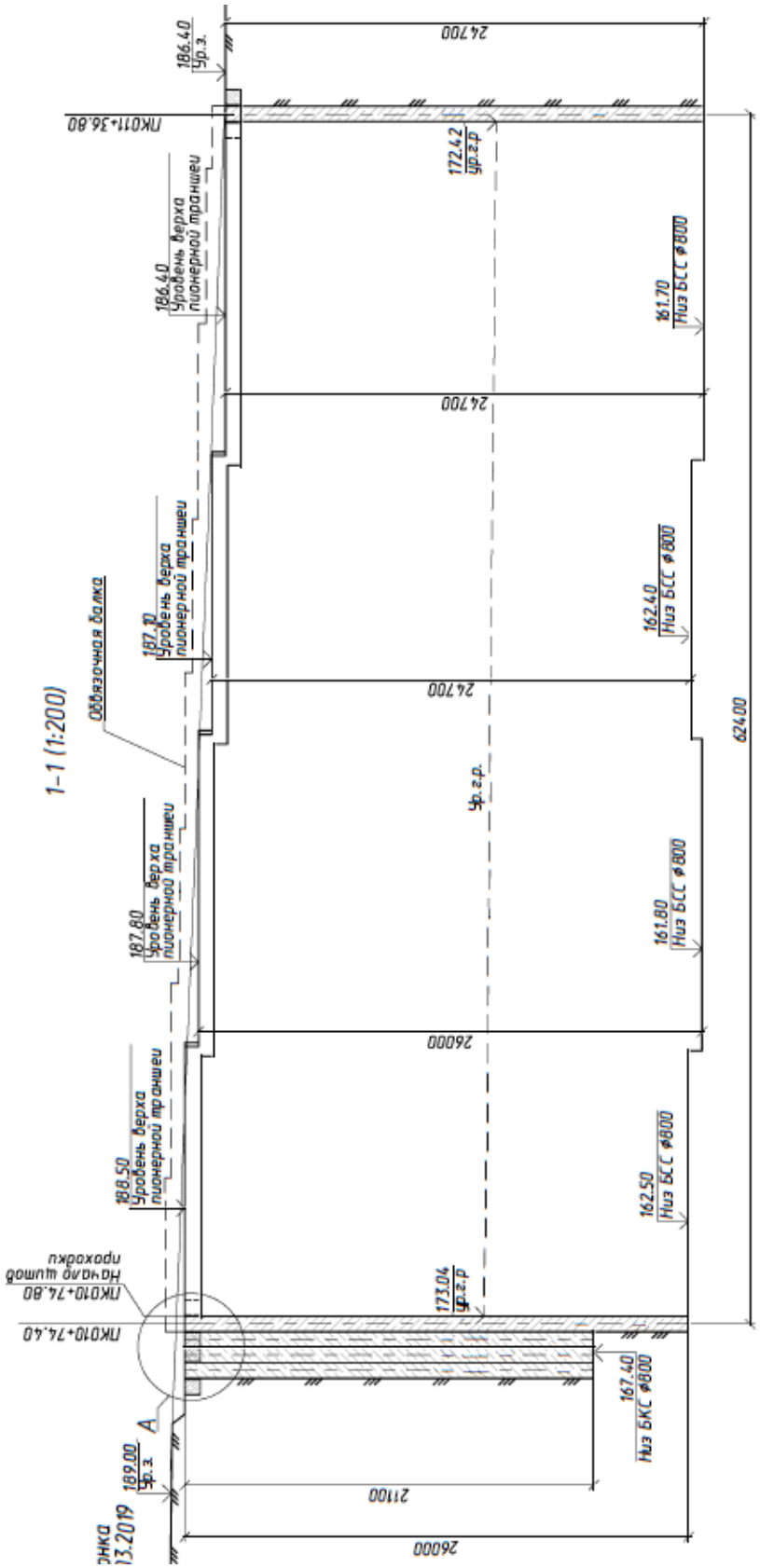


Рисунок А.12 Разрез 1-1. Продольный разрез ограждения котлована проектируемой монтажно-щитовой камеры

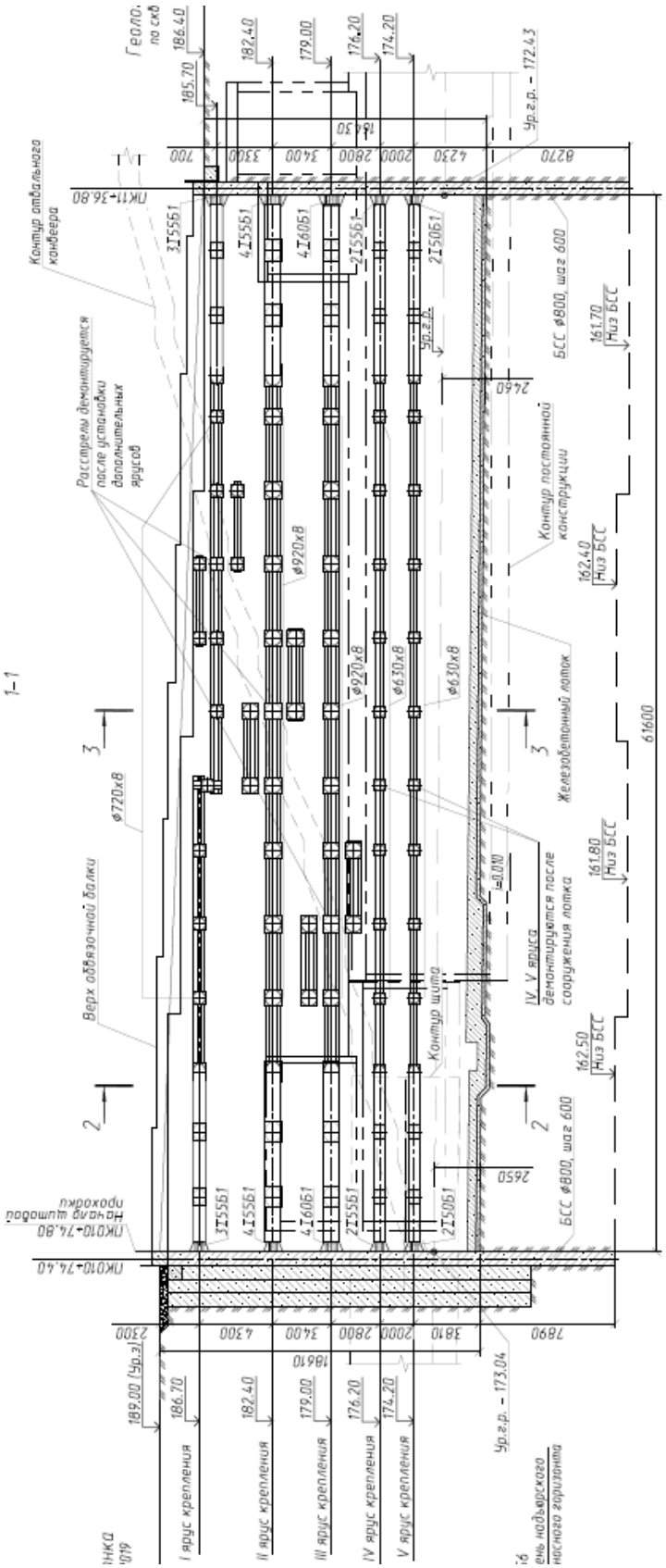


Рисунок А.13 Разрез 1-1. Продольный разрез ограждения котлована и распорных креплений проектируемой монтажно-щитовой камеры

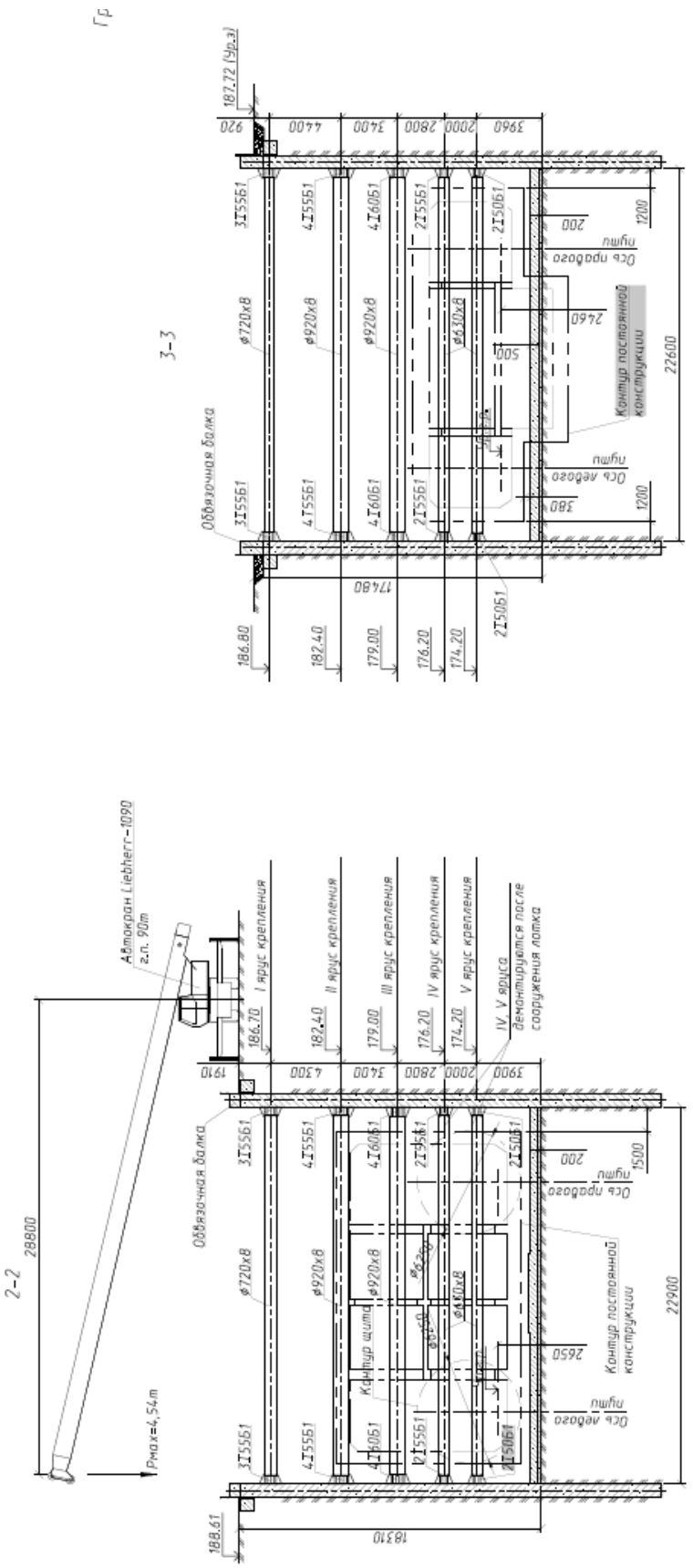


Рисунок А.14 Поперечное сечение 2-2, 3-3 ограждения котлована и распорных креплений проектируемой монтажно-щитовой камеры

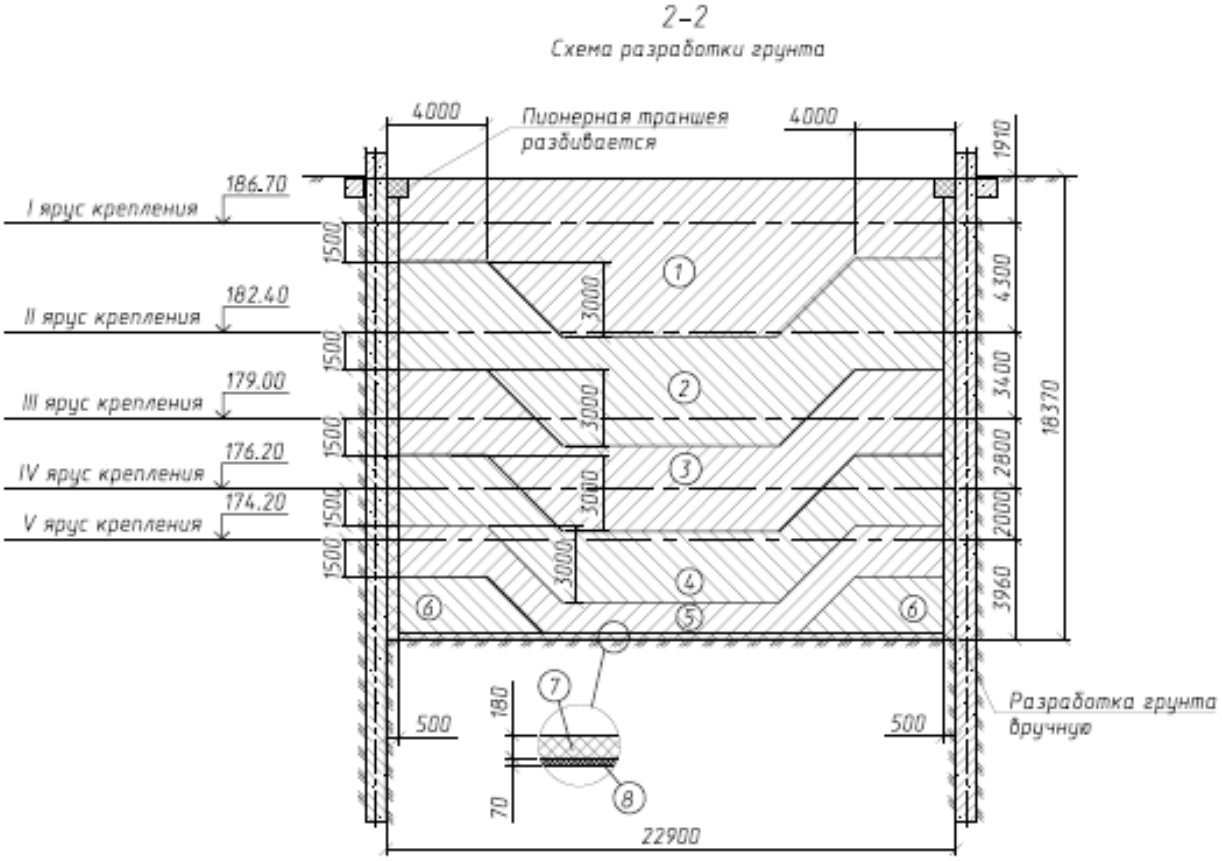


Рисунок А.15 Поперечный разрез ограждения котлована проектируемой монтажно-щитовой камеры

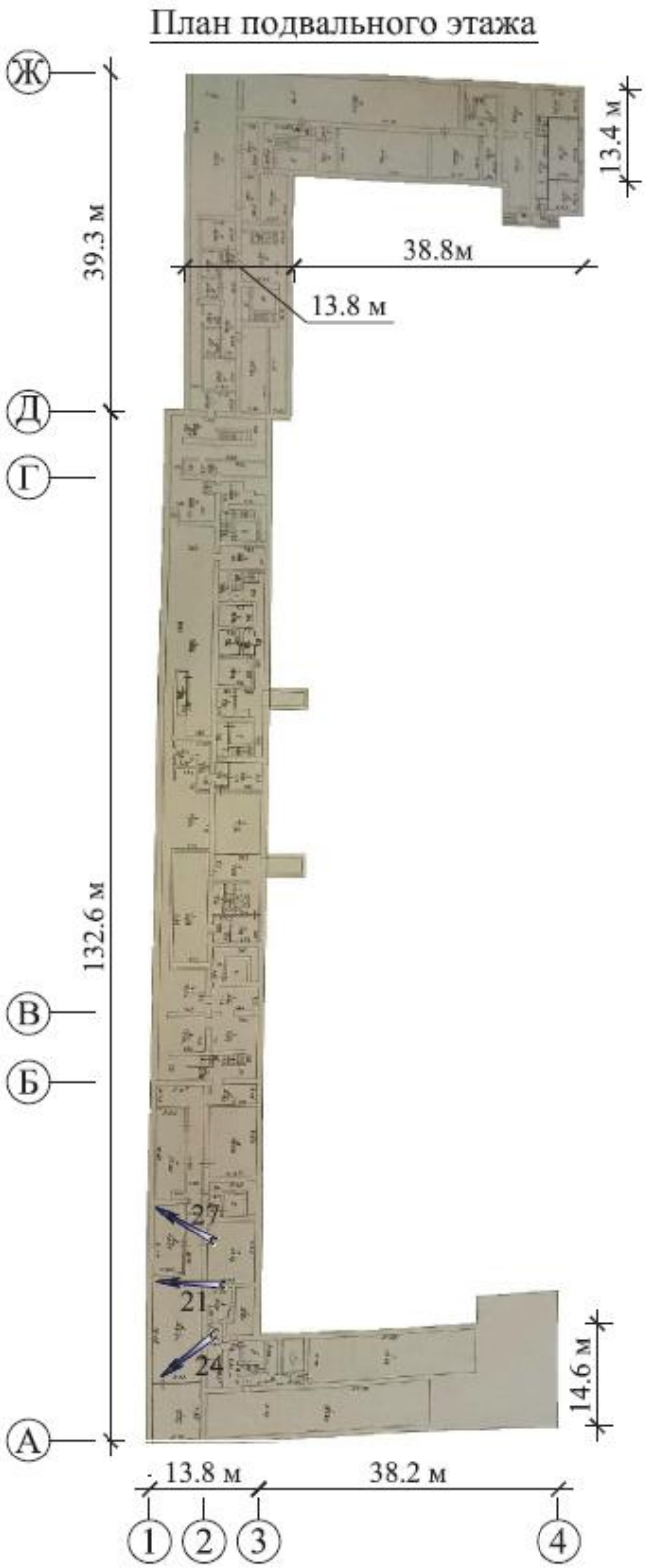


Рисунок А.16 План подвального этажа здания по адресу:
г. Москва, Ленинский проспект д.81/2

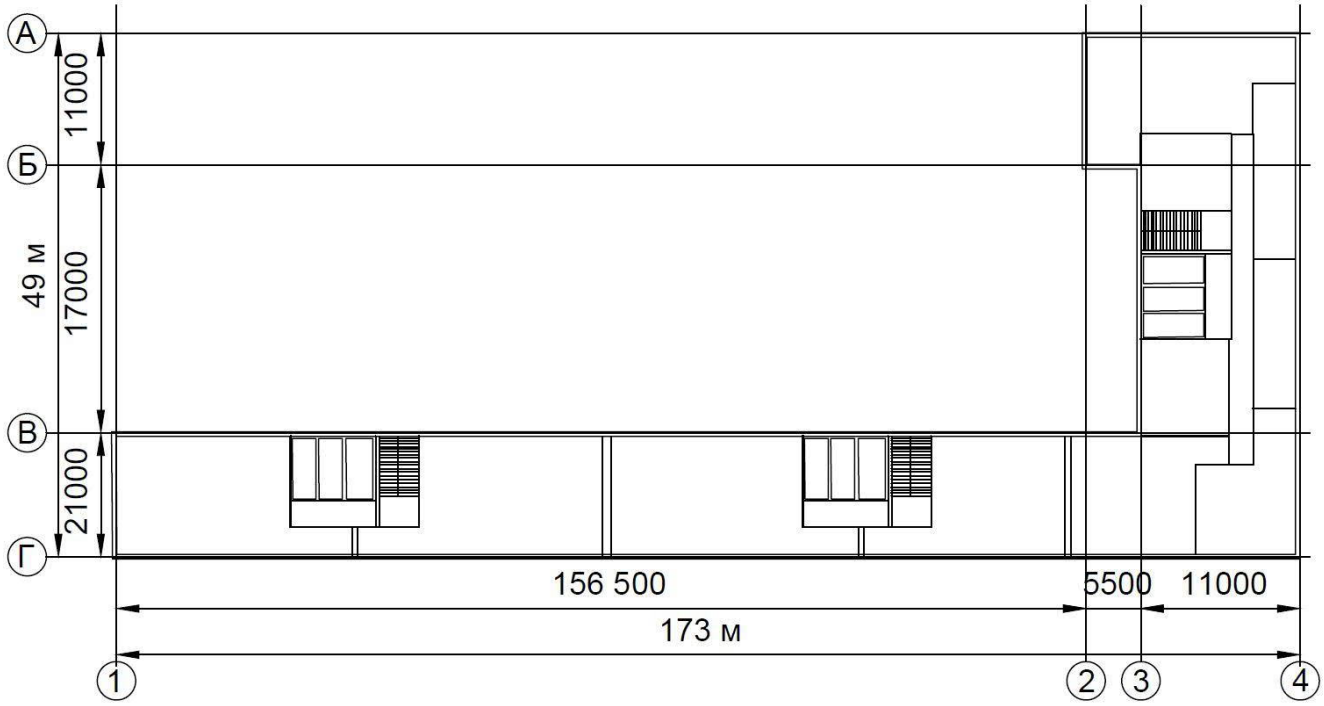


Рисунок А.17 План подвального этажа зданий по адресам: г. Москва, Ленинский проспект, дом 74

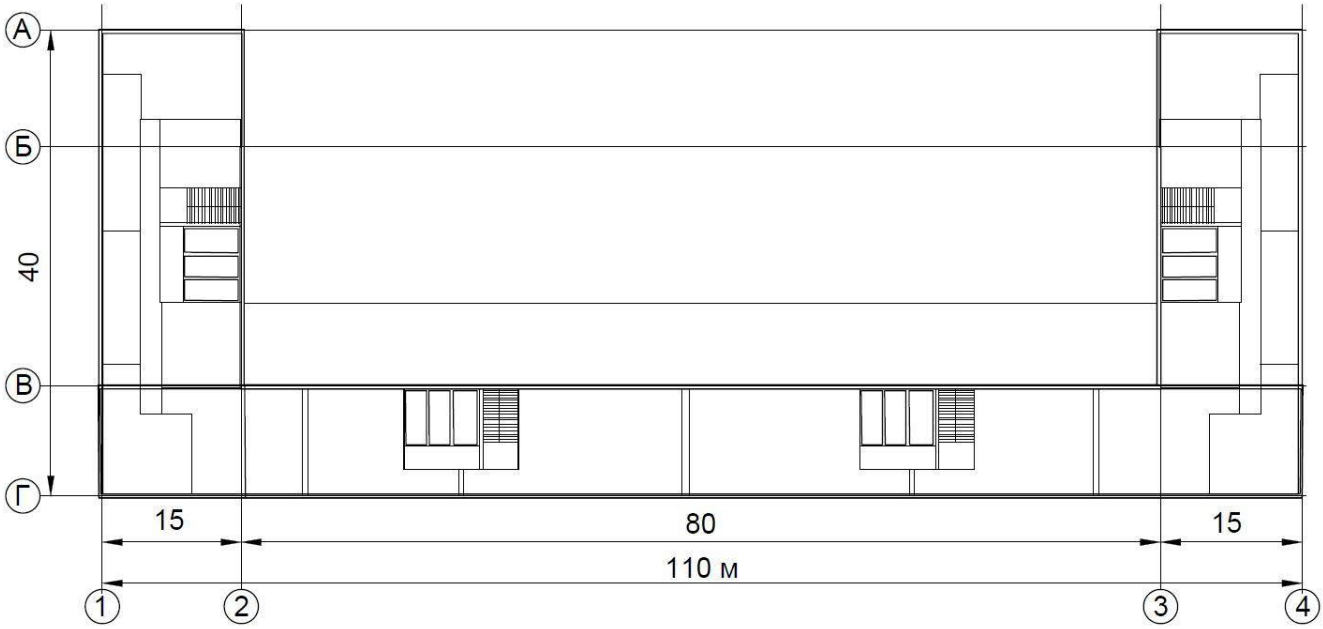


Рисунок А.18 План подвального этажа зданий по адресам: г. Москва, Ленинский проспект, дом 78

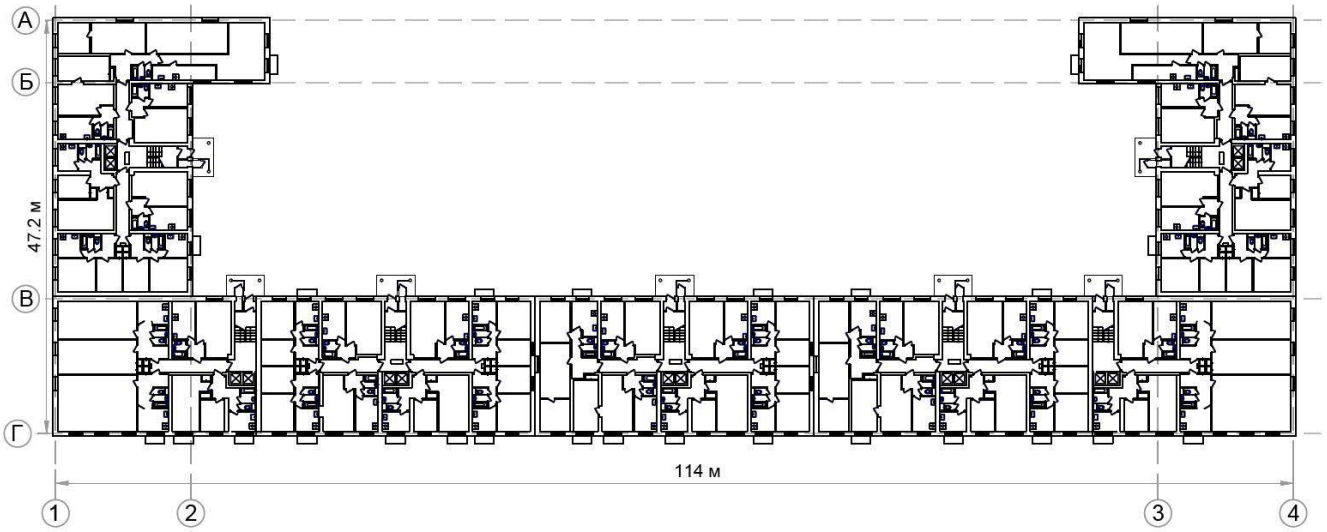


Рисунок А.19 План подвального этажа зданий по адресам: г. Москва, Ленинский проспект, дом 83

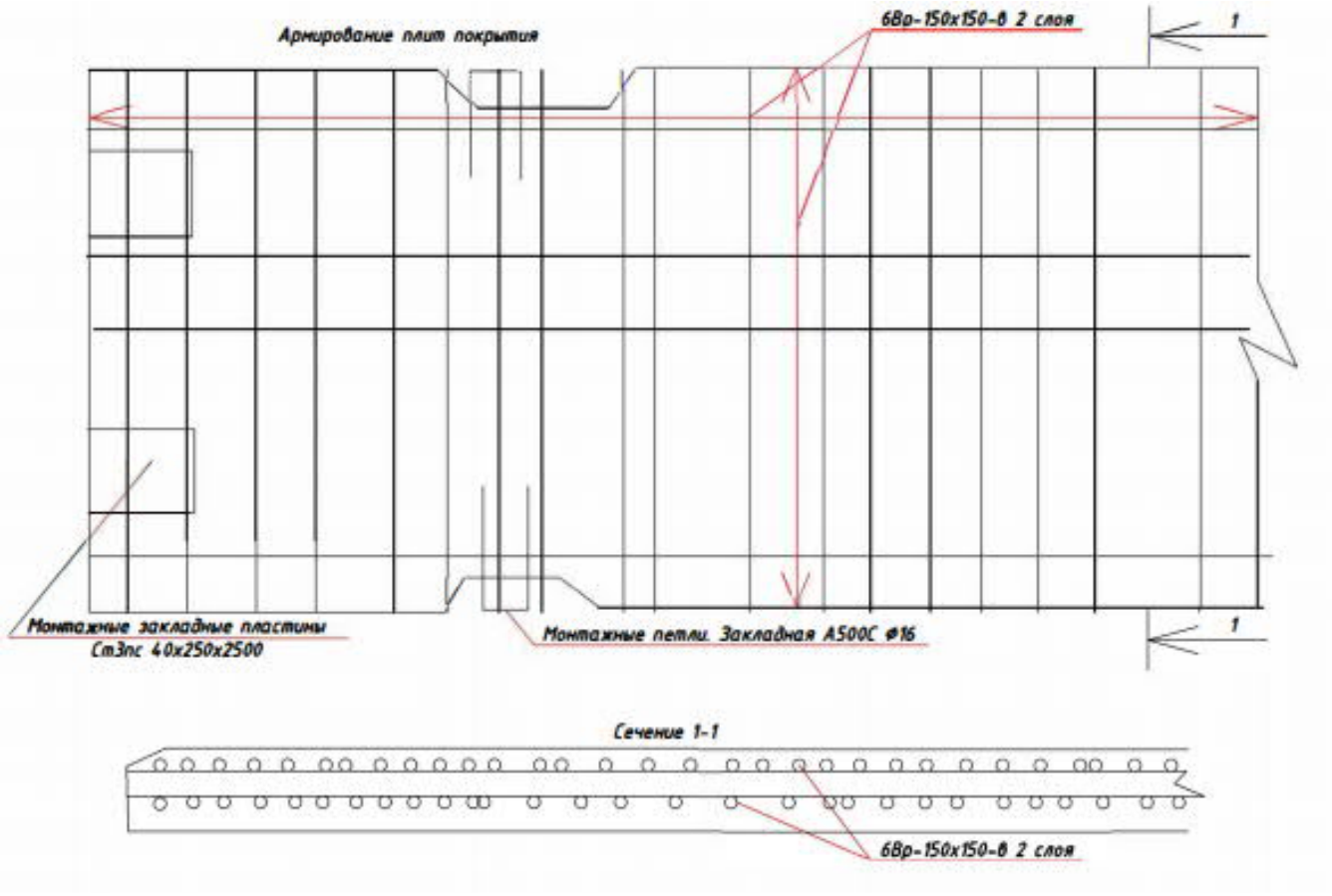
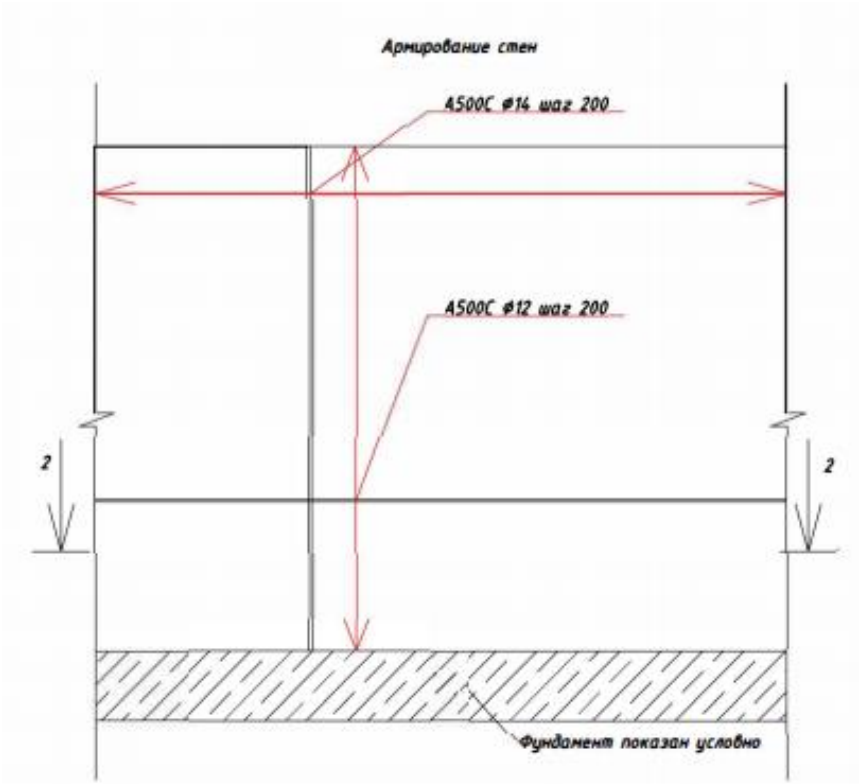


Рисунок А.20 Армирование монолитной плиты покрытия коллектора 3500х3200мм и 3000х2700мм



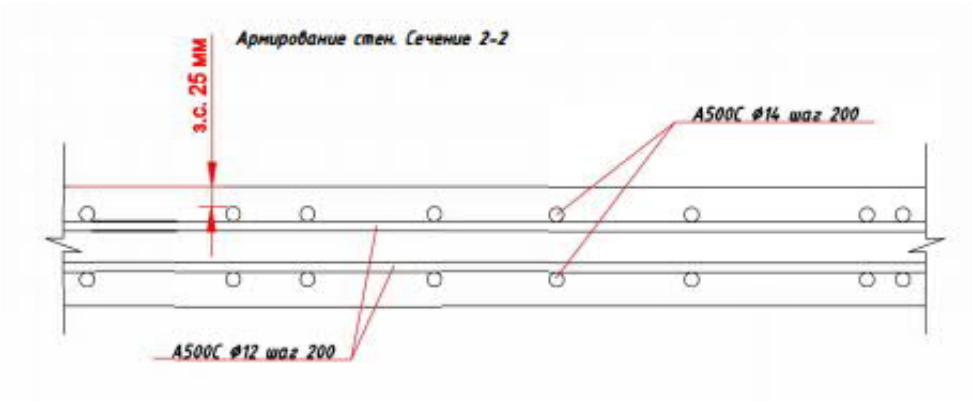


Рисунок А.21 Армирование монолитных стен коллекторов 3500х3200мм и 3000х2700мм

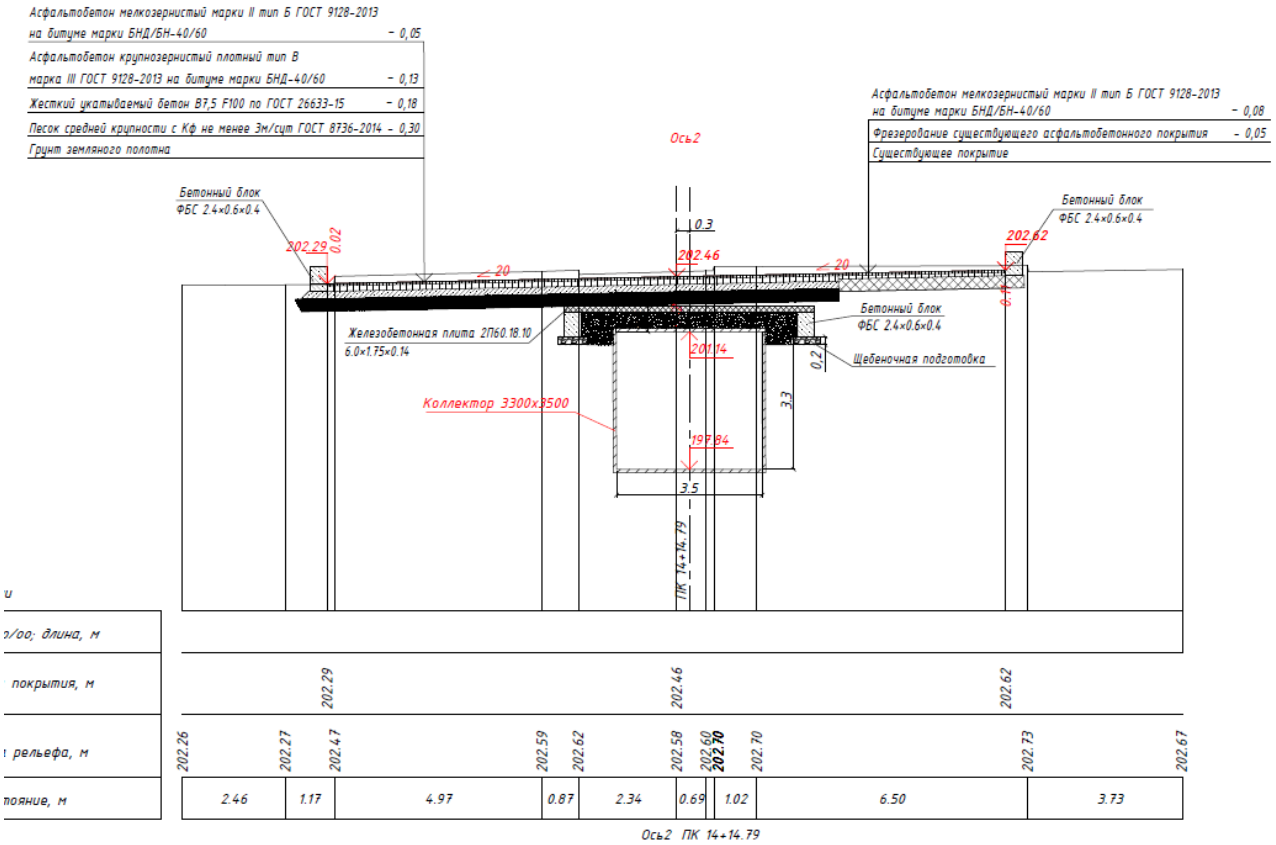


Рисунок А.22 Поперечный разрез переустраиваемого дорожного полотна

Приложение Б. Расчетные схемы

Material set				
Identification number		1	2	3
Identification		920x8	630x8	720x8
Comments				
Colour		RGB 0, 0, 0	RGB 63, 238, 206	RGB 235, 230, 76
Material type		Elastic	Elastic	Elastic
Properties				
EA	kN	3,404E6	2,321E6	2,657E6
$L_{spacing}$	m	2,250	2,250	2,250

Рисунок Б.1 Характеристики распорного крепления, заданные моделью Anchor, введенные в ПВК «Plaxis 2D» (расчетное сечение 1-1, 2-2, 4-4)

Material set						
Identification number		1	2	3	4	5
Identification		Лоток_200	Ограждение	Перекрытие_250	Стена_200	Стены_500
Comments						
Colour		RGB 242, 54, 66	RGB 0, 0, 255	RGB 120, 254, 37	RGB 55, 121, 242	RGB 254, 171, 37
Material type		Elastic	Elastic	Elastic	Elastic	Elastic
Properties						
Isotropic		☑	☑	☑	☑	☑
EA_1	kN/m	5,500E6	25,13E6	7,500E6	5,500E6	15,00E6
EA_2	kN/m	5,500E6	25,13E6	7,500E6	5,500E6	15,00E6
EI	kN m²/m	18,33E3	1,005E6	39,06E3	18,33E3	1,250E6
d	m	0,2000	0,6928	0,2500	0,2000	1,000
w	kN/m/m	2,500	7,000	0,000	2,500	0,000
ν (nu)		0,2000	0,2000	0,2000	0,2000	0,2000
Rayleigh α		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Rayleigh β		0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
Prevent punching		☐	☐	☐	☐	☐

Рисунок Б.2 Характеристики строительных конструкций, введённые в ПВК «Plaxis 2D»

γ_{unsat}	kN/m³	20,10	21,30	19,40	20,20
γ_{sat}	kN/m³	20,10	21,70	19,80	20,20
e_{init}		0,6800	0,4500	0,7000	0,5900
E_{50}^{ref}	kN/m²	14,60E3	30,10E3	35,80E3	17,70E3
E_{oed}^{ref}	kN/m²	9600	19,50E3	41,90E3	25,10E3
E_{ur}^{ref}	kN/m²	68,30E3	163,1E3	152,3E3	50,90E3
power (m)		0,2270	0,5780	0,5090	0,4740
c_{ref}	kN/m²	18,00	75,00	6,000	5,000
φ (phi)	°	20,60	23,00	35,20	26,80
ψ (psi)	°	0,000	0,000	4,300	3,300
ν_{ur}		0,1900	0,2000	0,2300	0,2200
p_{ref}	kN/m²	75,00	230,0	185,0	255,0
K_0^{nc}		0,6300	0,5800	0,4300	0,5300
OCR		2,040	2,160	1,000	1,000

Рисунок Б.1 Характеристики грунтов, введенные в ПВК «Plaxis 2D»

Рисунок Б.2

Material set				
Identification number		1	2	3
Identification		720x8	630x8	920x8
Comments				
Colour		RGB 0, 0, 0	RGB 63, 238, 206	RGB 146, 107, 79
Material type		Elastic	Elastic	Elastic
Properties				
EA	kN	3,758E6	3,283E6	4,813E6
$L_{spacing}$	m	5,100	5,100	5,100

Рисунок Б.3 Характеристики распорного крепления, заданные моделью Anchor, введенные в ПВК «Plaxis 2D» (расчетное сечение 3-3)

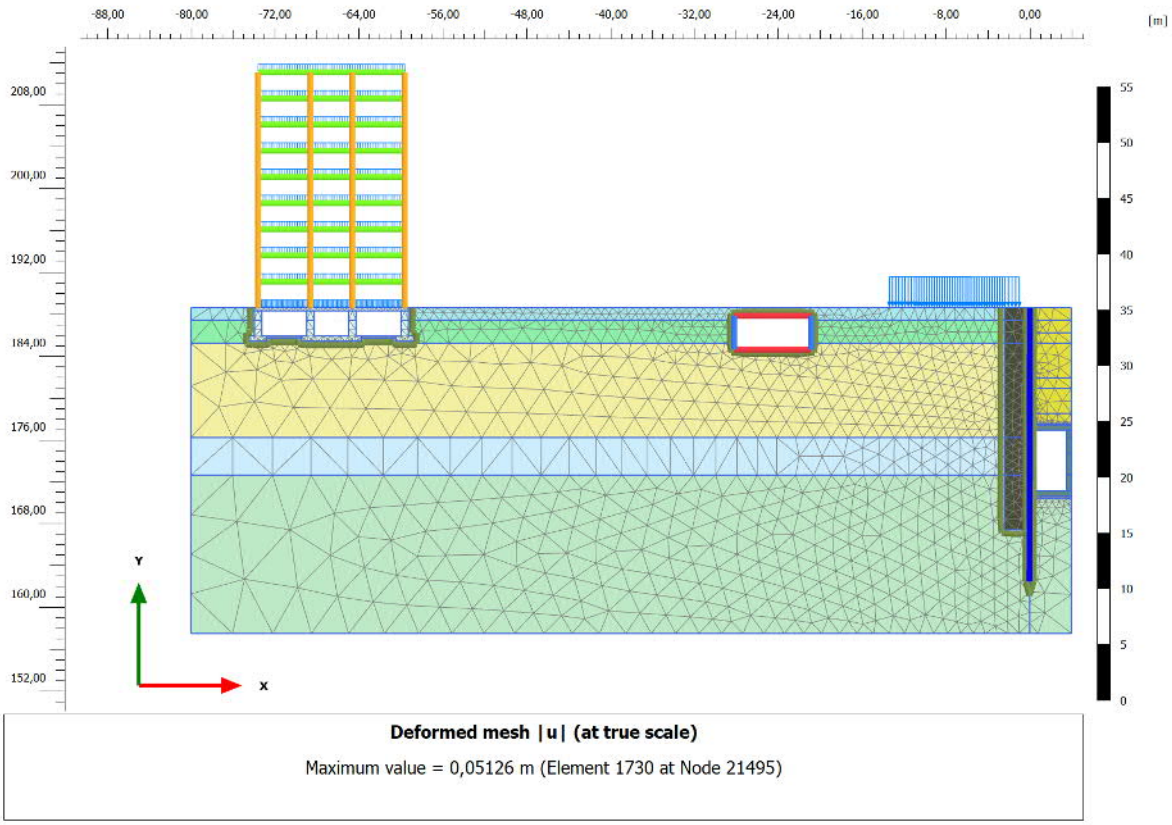


Рисунок Б.4 Расчетное сечение 1-1 замоделированное в ПВК «Plaxis 2D»

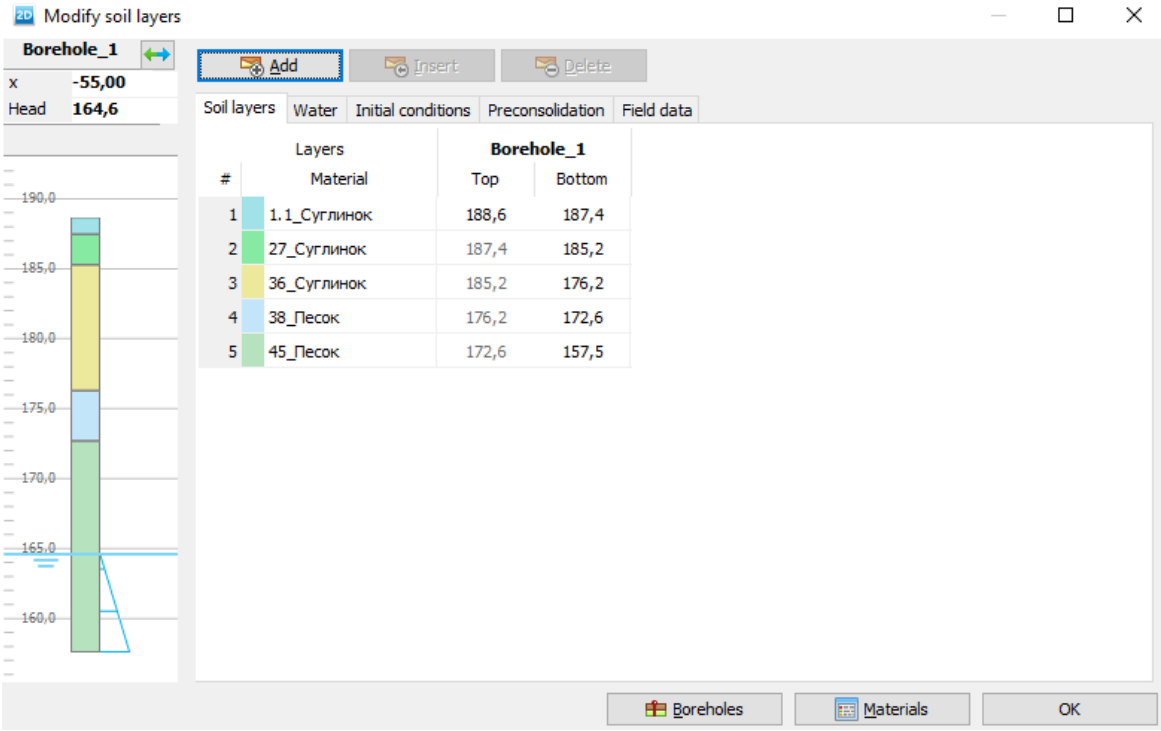


Рисунок Б.5 Скважина №30783 расчетного сечения 1-1, введенная в расчетную модель ПВК «Plaxis 2D»

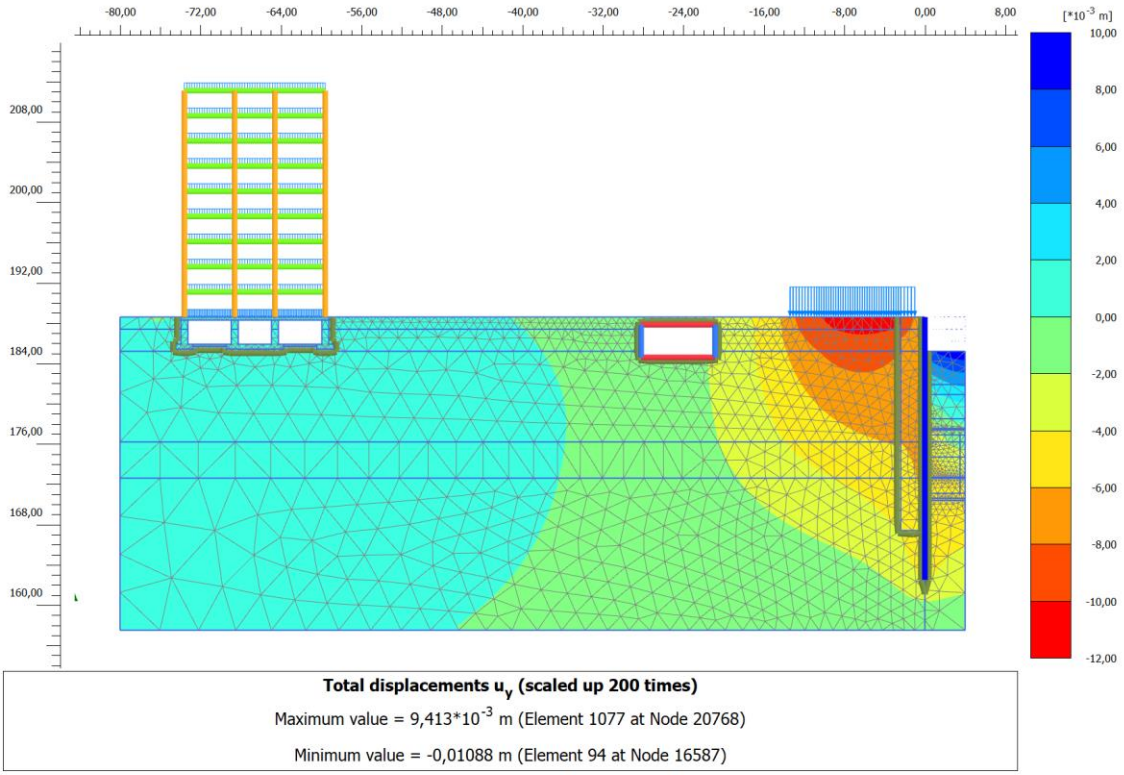


Рисунок Б.6 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 1-го яруса котлована

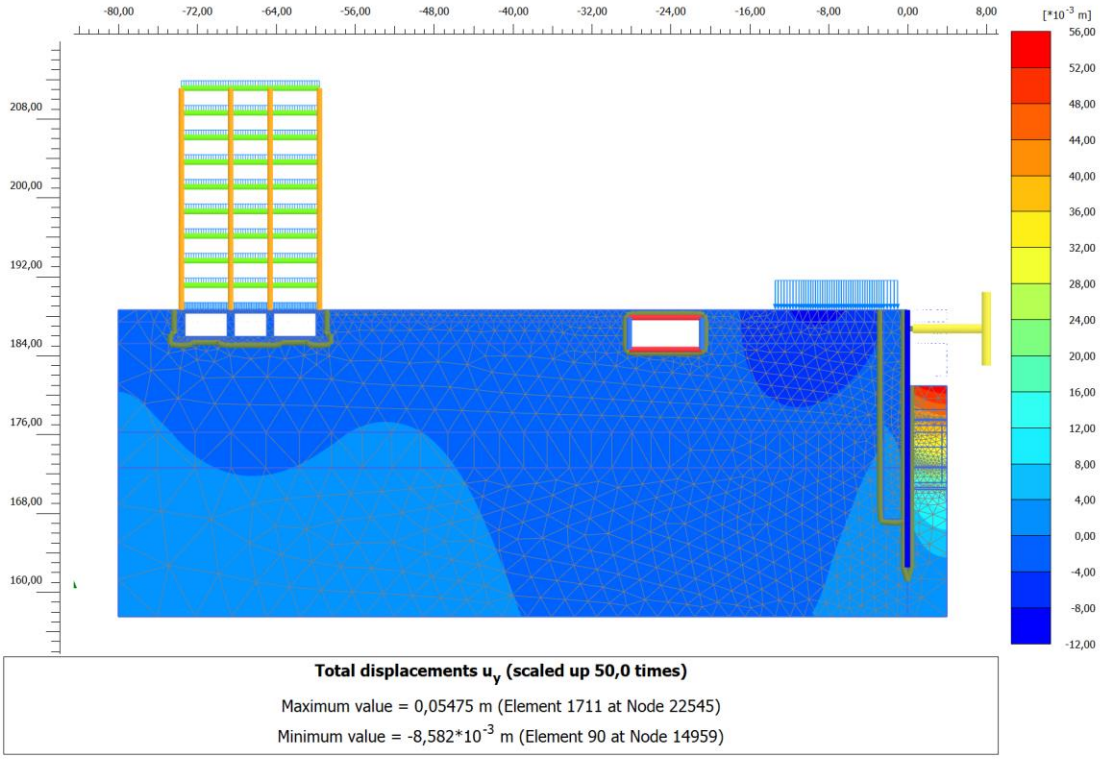


Рисунок Б.7 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 2-го яруса котлована и монтаже 1-го яруса распорной системы

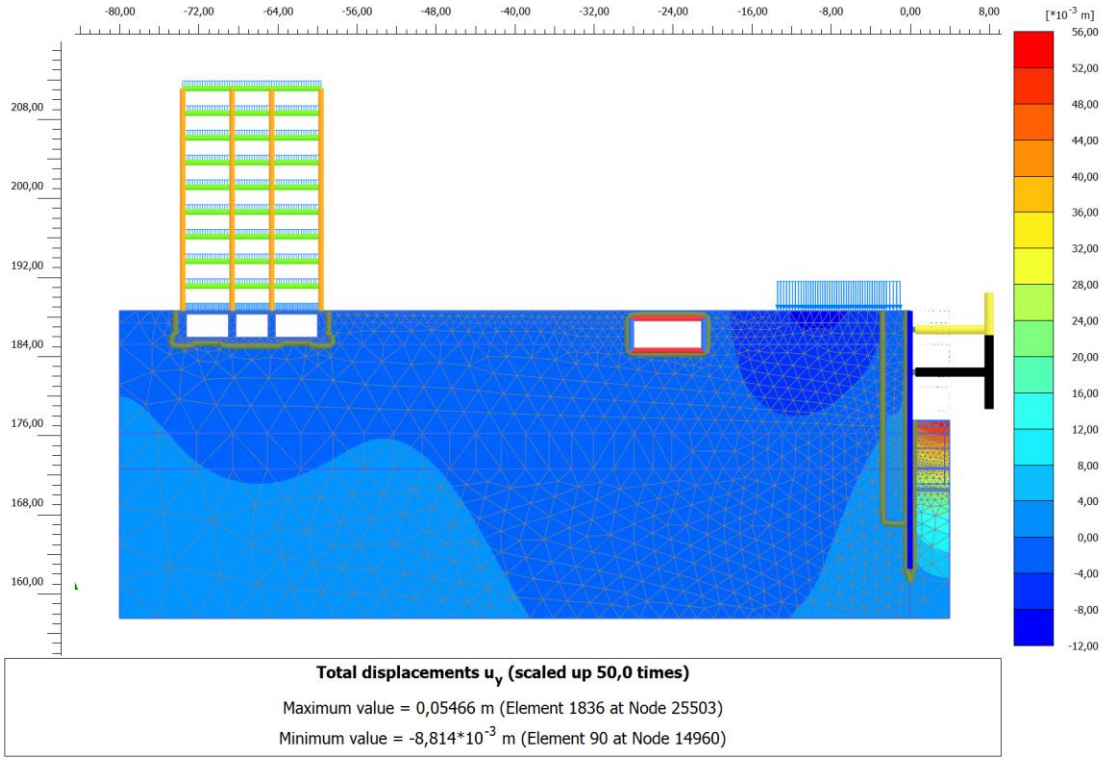


Рисунок Б.8 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 3-го яруса котлована и монтаже 2-го яруса распорной системы

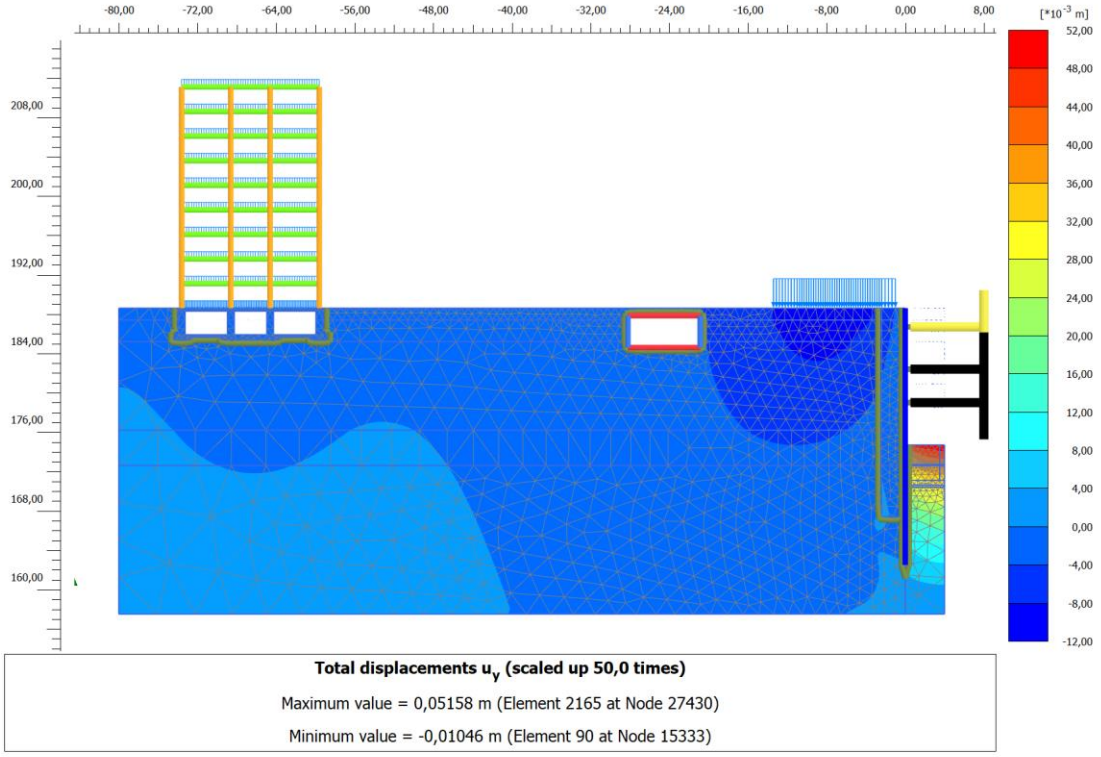


Рисунок Б.9 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 4-го яруса котлована и монтаже 3-го яруса распорной системы

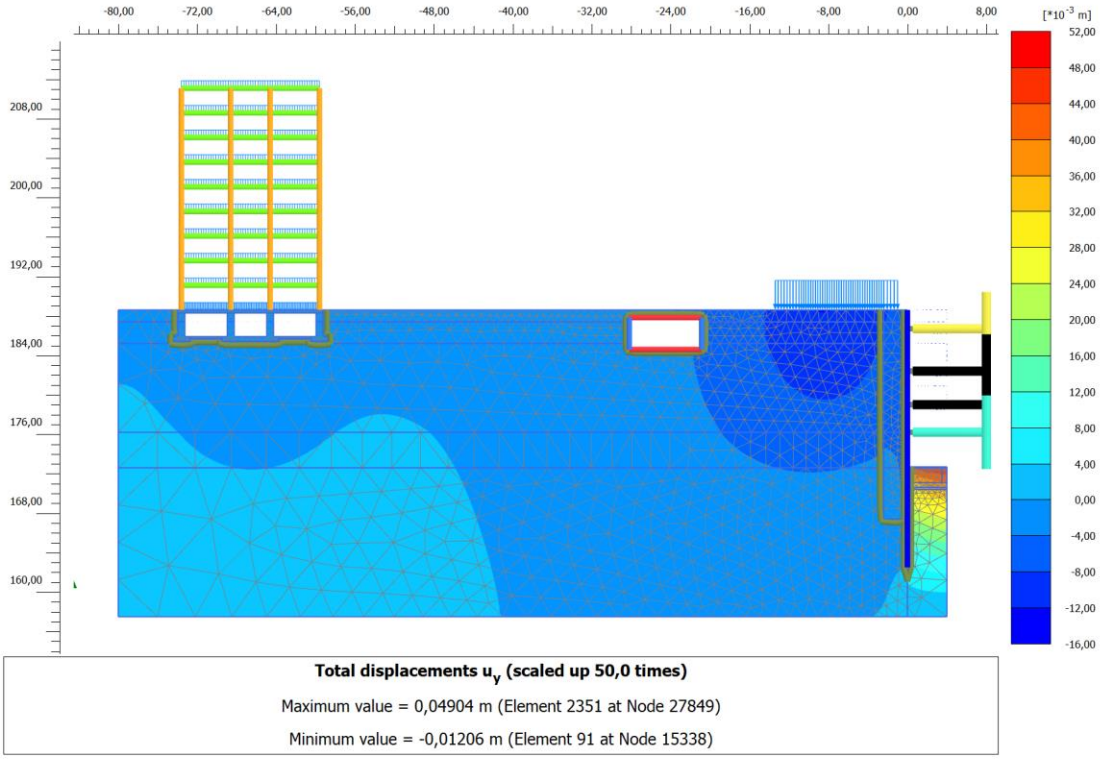


Рисунок Б.10 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 5-го яруса котлована и монтаже 4-го яруса распорной системы

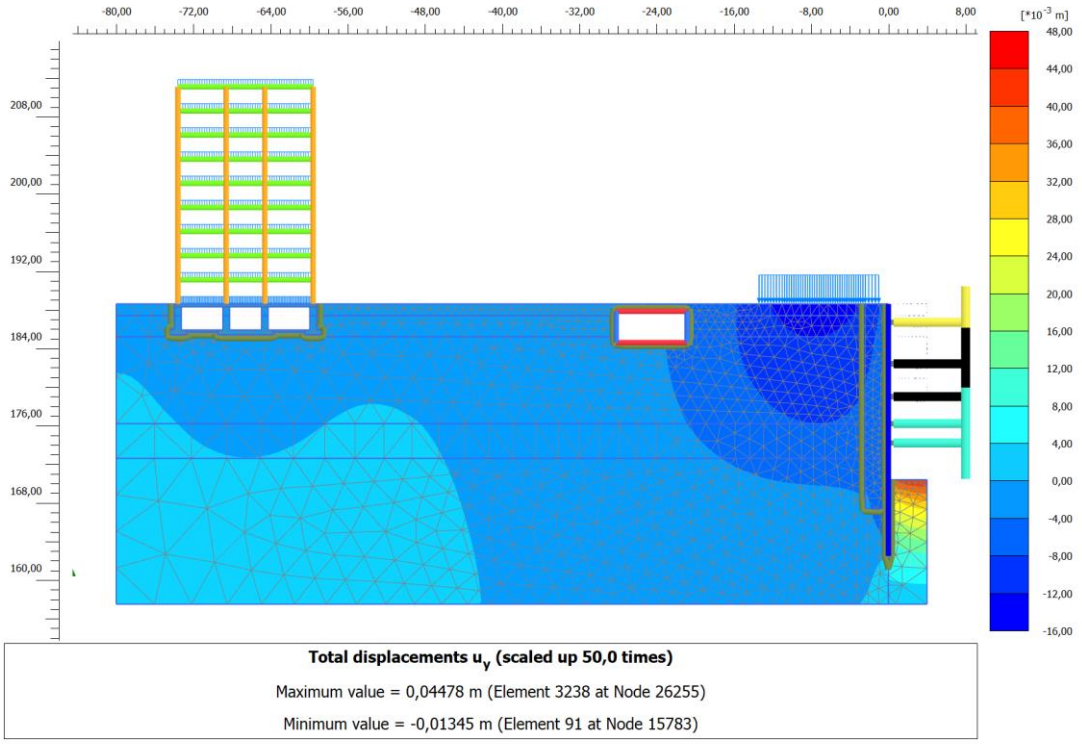


Рисунок Б.11 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 6-го яруса котлована и монтаже 5-го яруса распорной системы

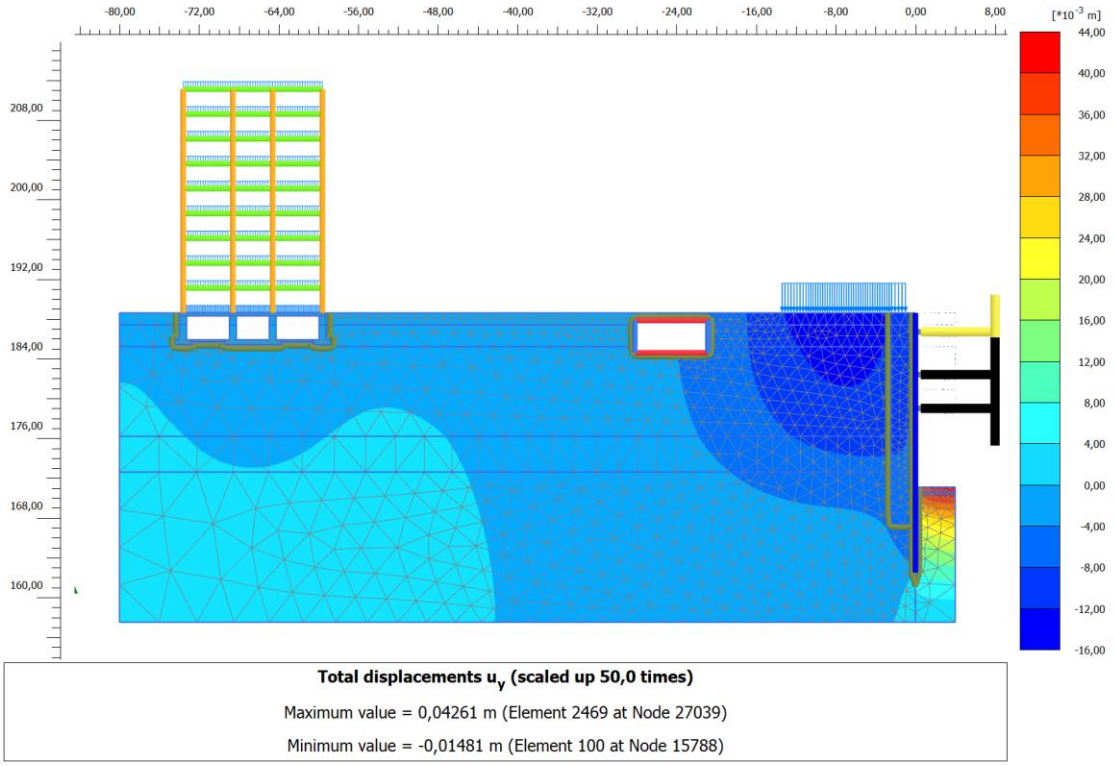


Рисунок Б.12 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 5-го и 4-го яруса распорной системы

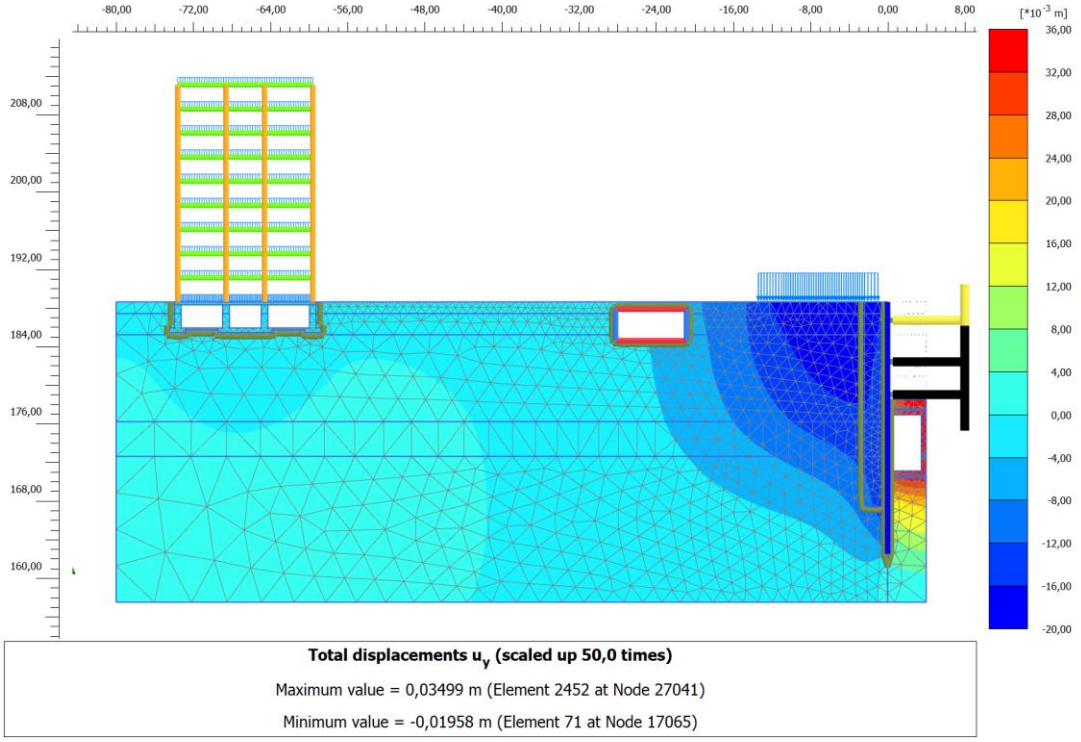


Рисунок Б.13 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе устройства вертикальных монолитных конструкций и покрытия

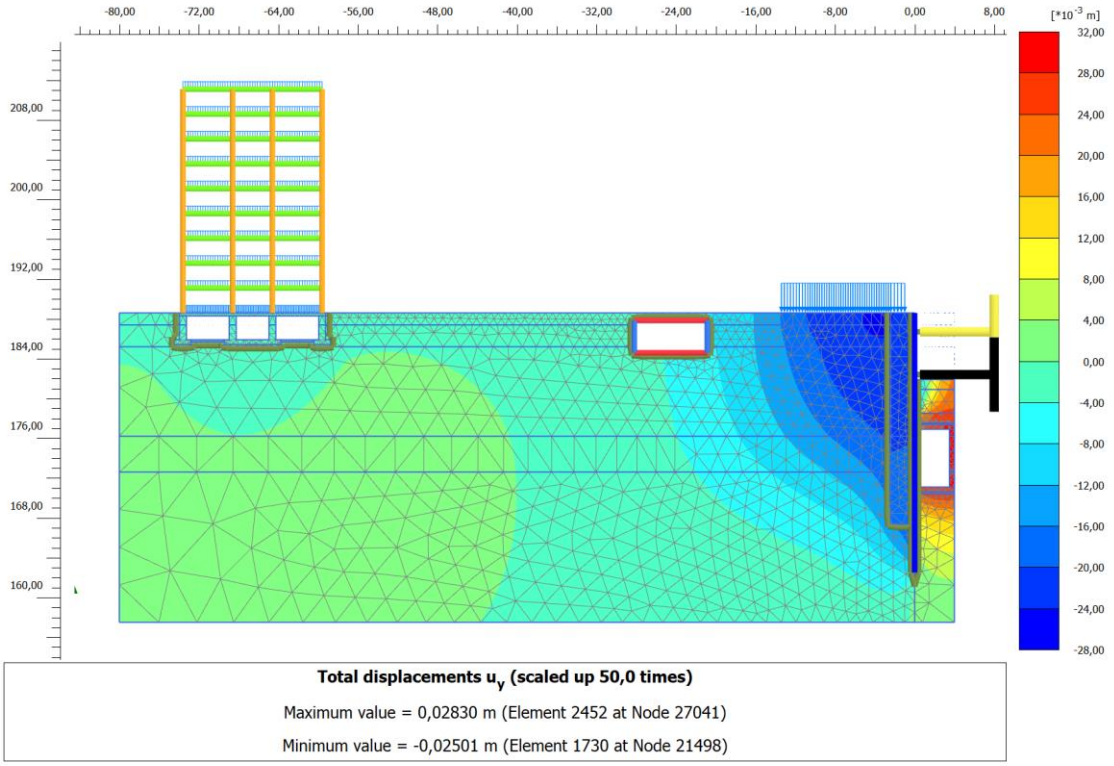


Рисунок Б.14 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе снятия 3-го яруса распорной системы и обратного хода засыпки котлована

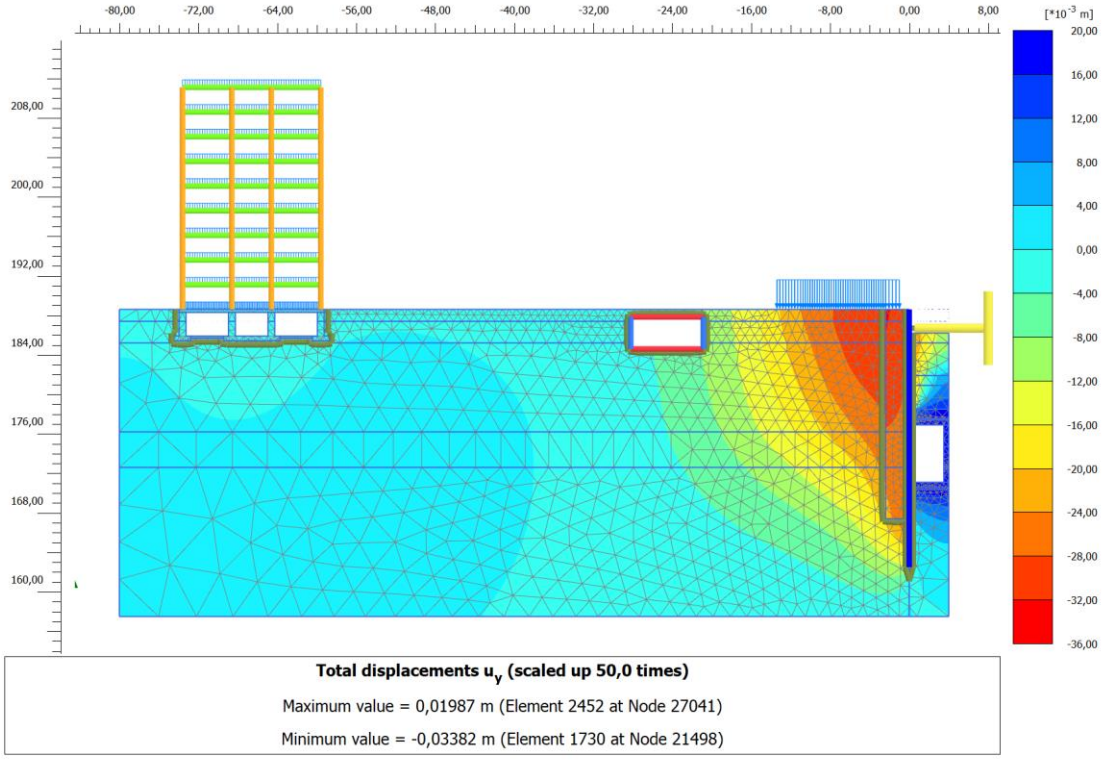


Рисунок Б.15 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе снятия 2-го яруса распорной системы и обратного хода засыпки котлована

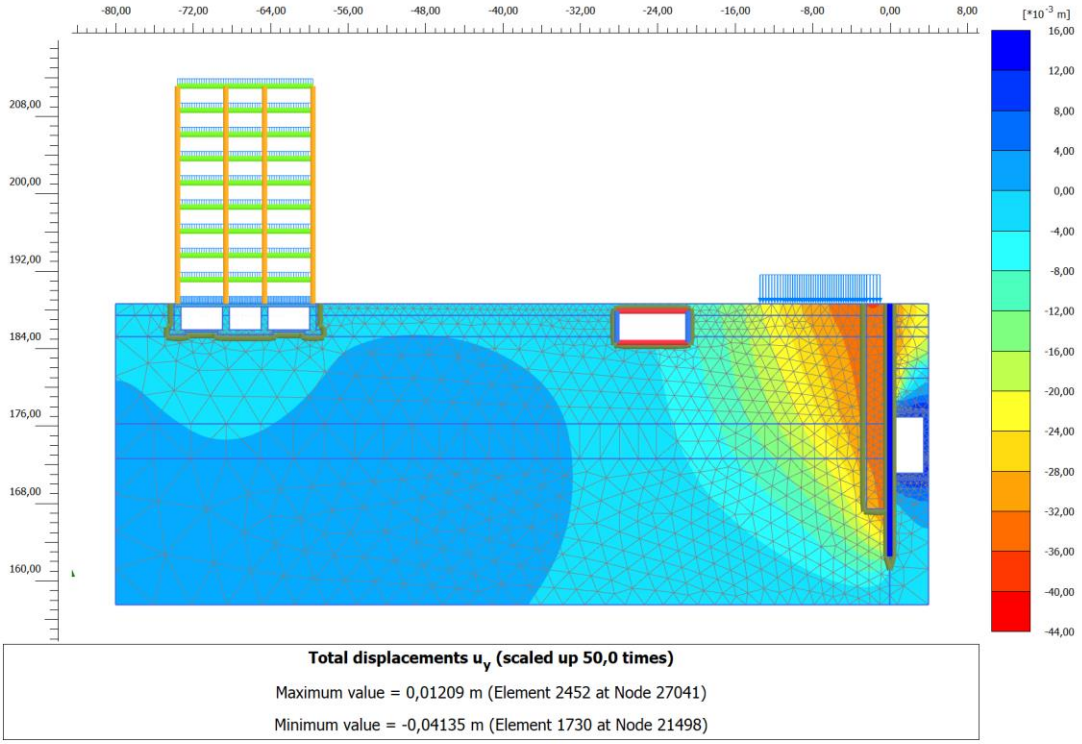


Рисунок Б.16 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе снятие 1-го яруса распорной системы и обратного хода засыпки котлована

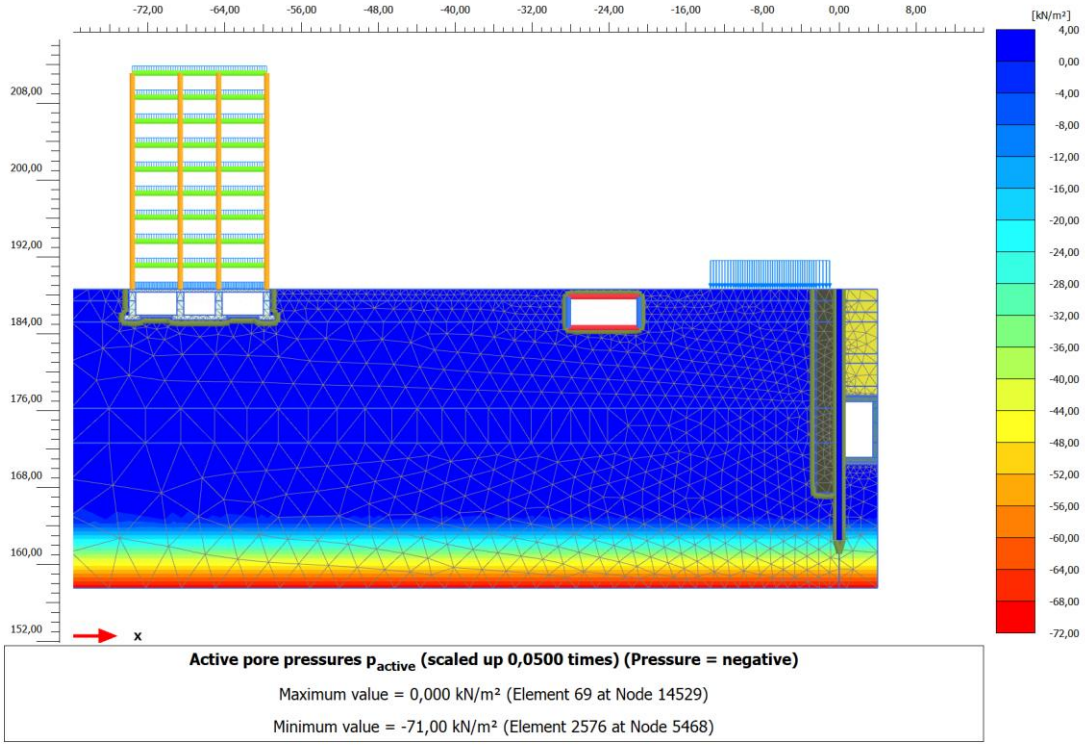


Рисунок Б.17 Изолинии гидростатического порового давления на фазе устройства монолитных конструкций и обратной засыпки котлована

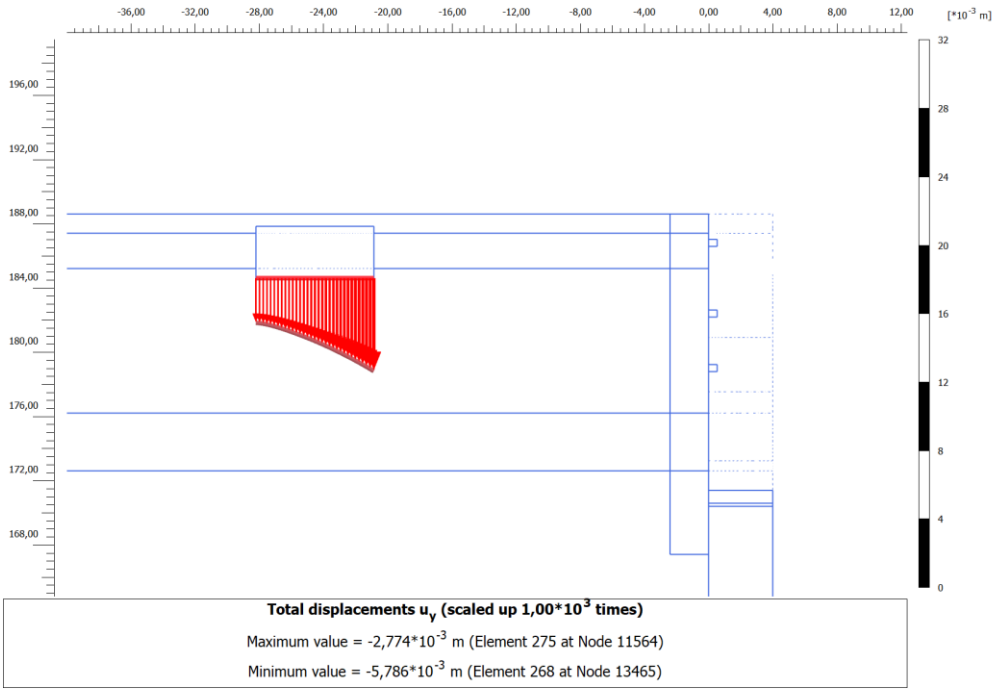


Рисунок Б.18 Эпюра дополнительных вертикальных перемещений эксплуатируемого кабельного коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

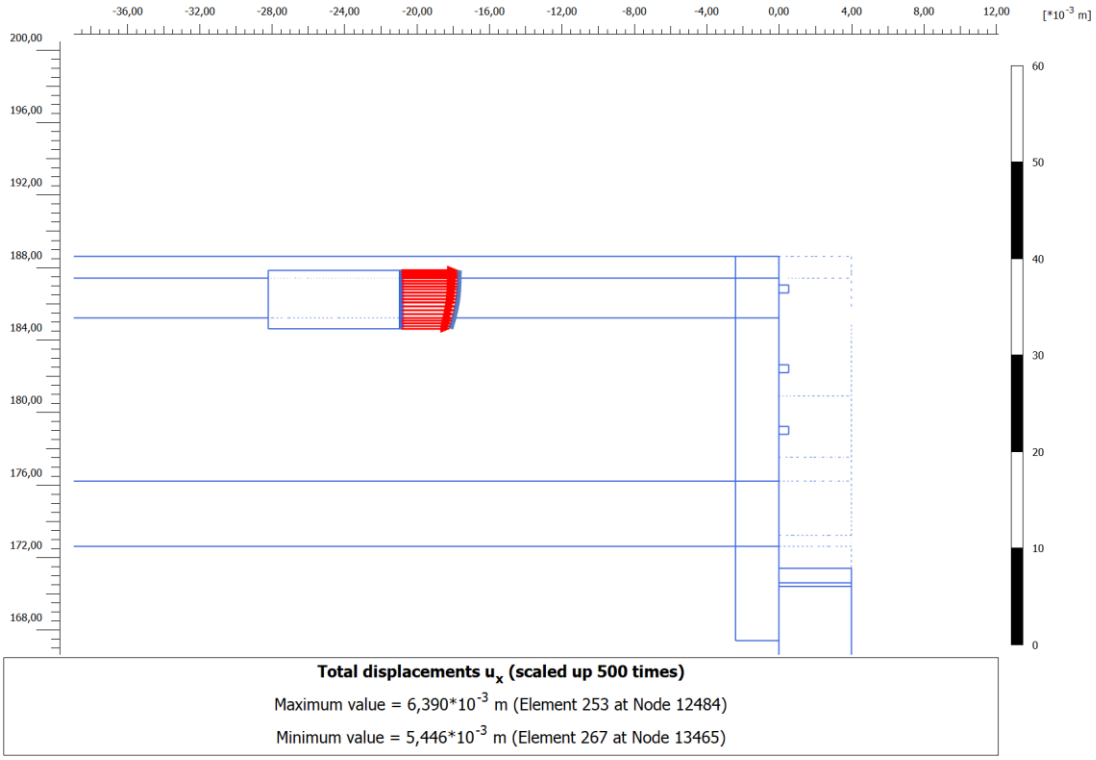


Рисунок Б.19 Эпюра дополнительных горизонтальных перемещений эксплуатируемого кабельного коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

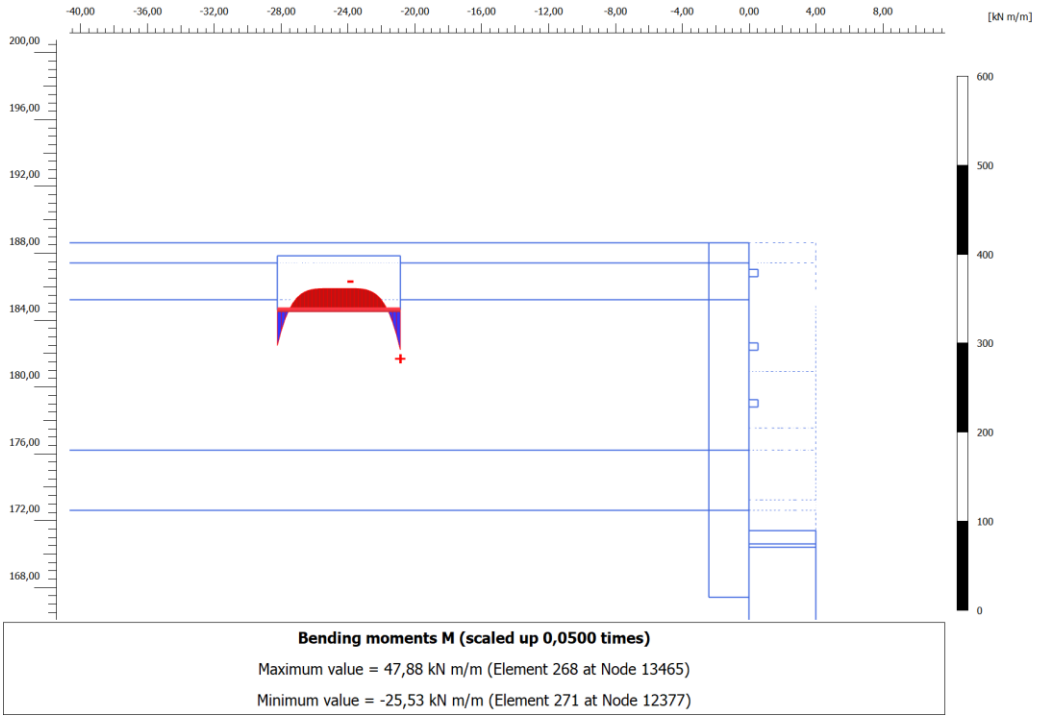


Рисунок Б.20 Эпюра изгибающих моментов лотковой плиты коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

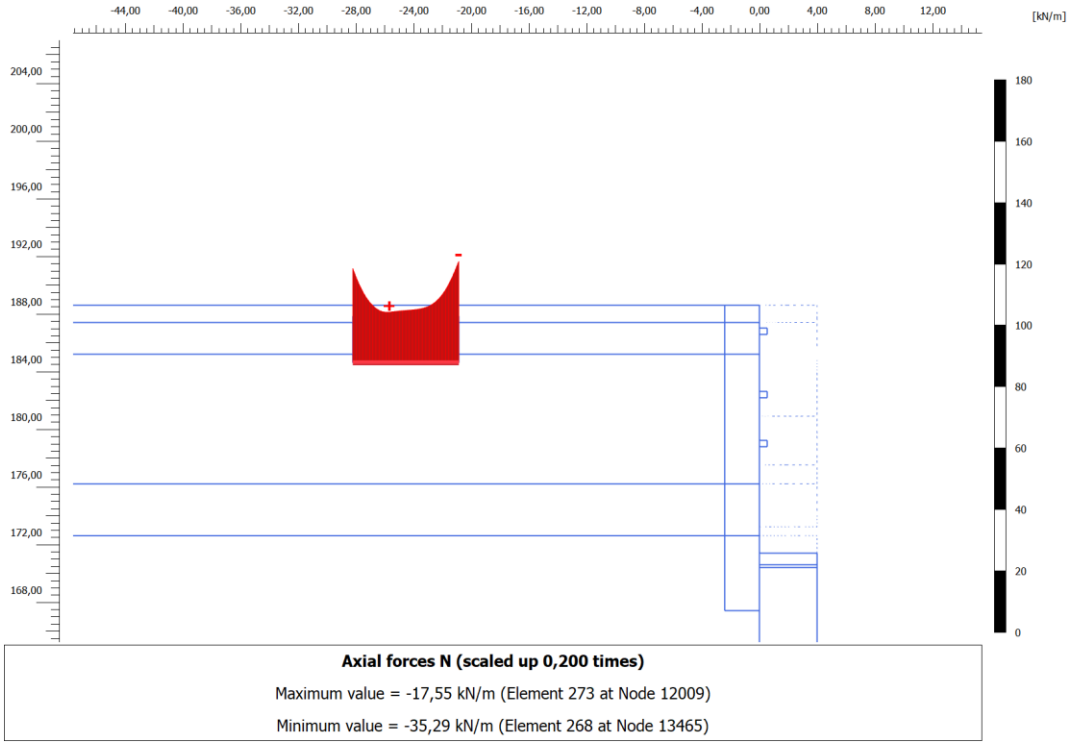


Рисунок Б.21 Эпюра усилий лотковой плиты коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

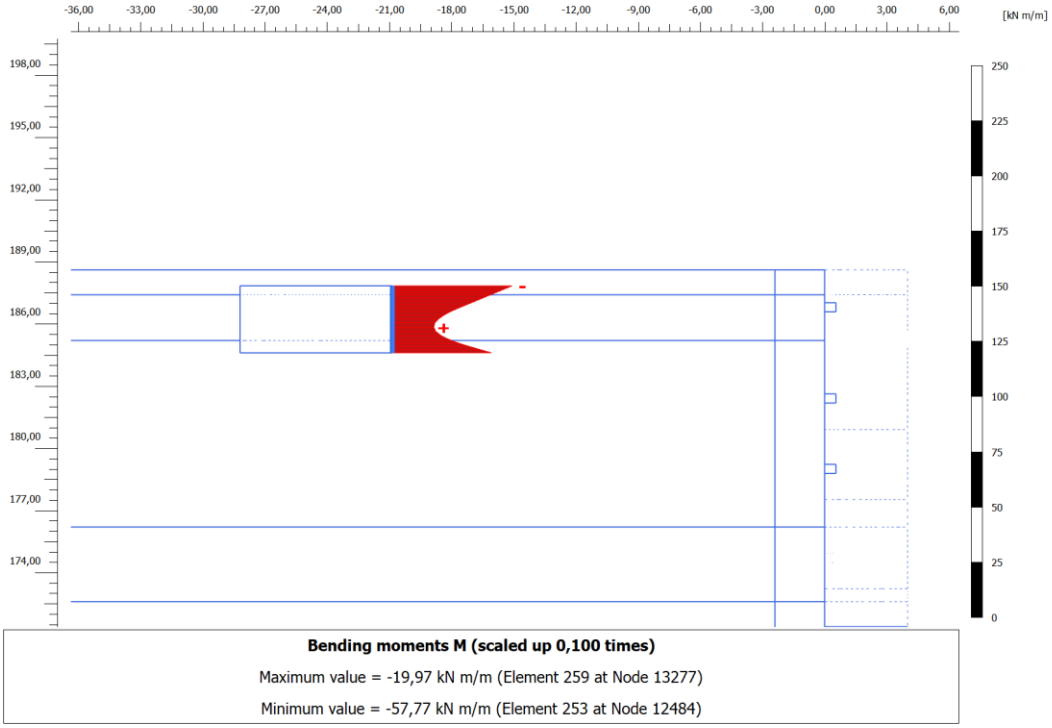


Рисунок Б.22 Эпюра изгибающих моментов стены коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

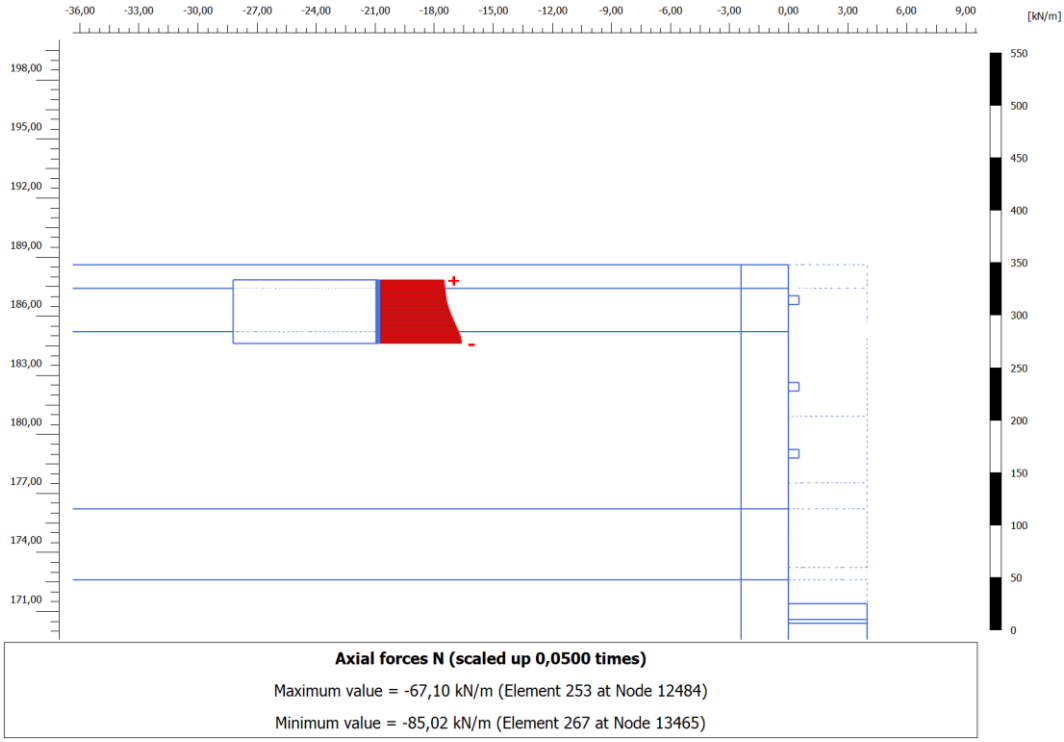


Рисунок Б.23 Эпюра усилий стены коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

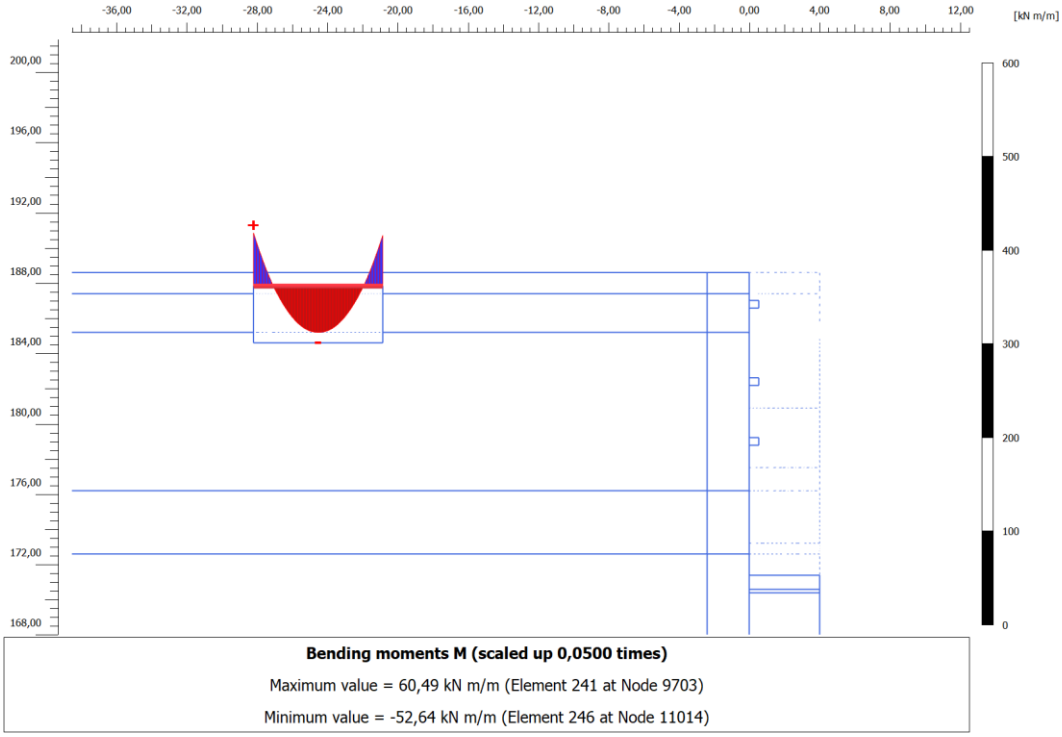


Рисунок Б.24 Эпюра изгибающих моментов покрытия коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

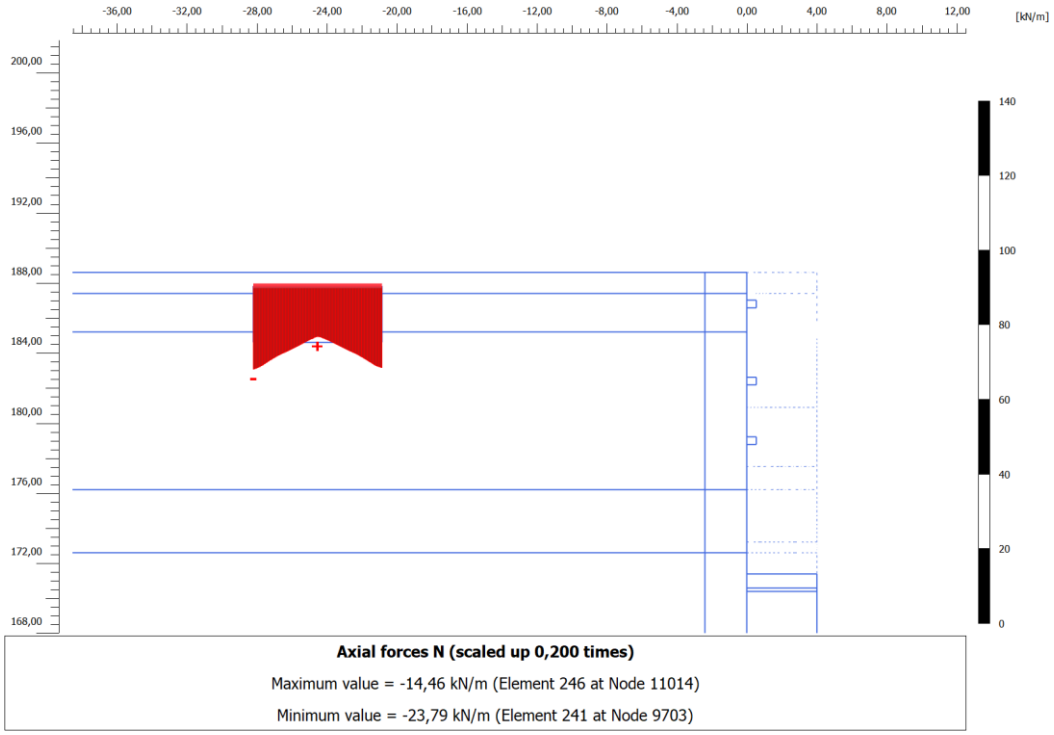


Рисунок Б.25 Эпюра усилий покрытия коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

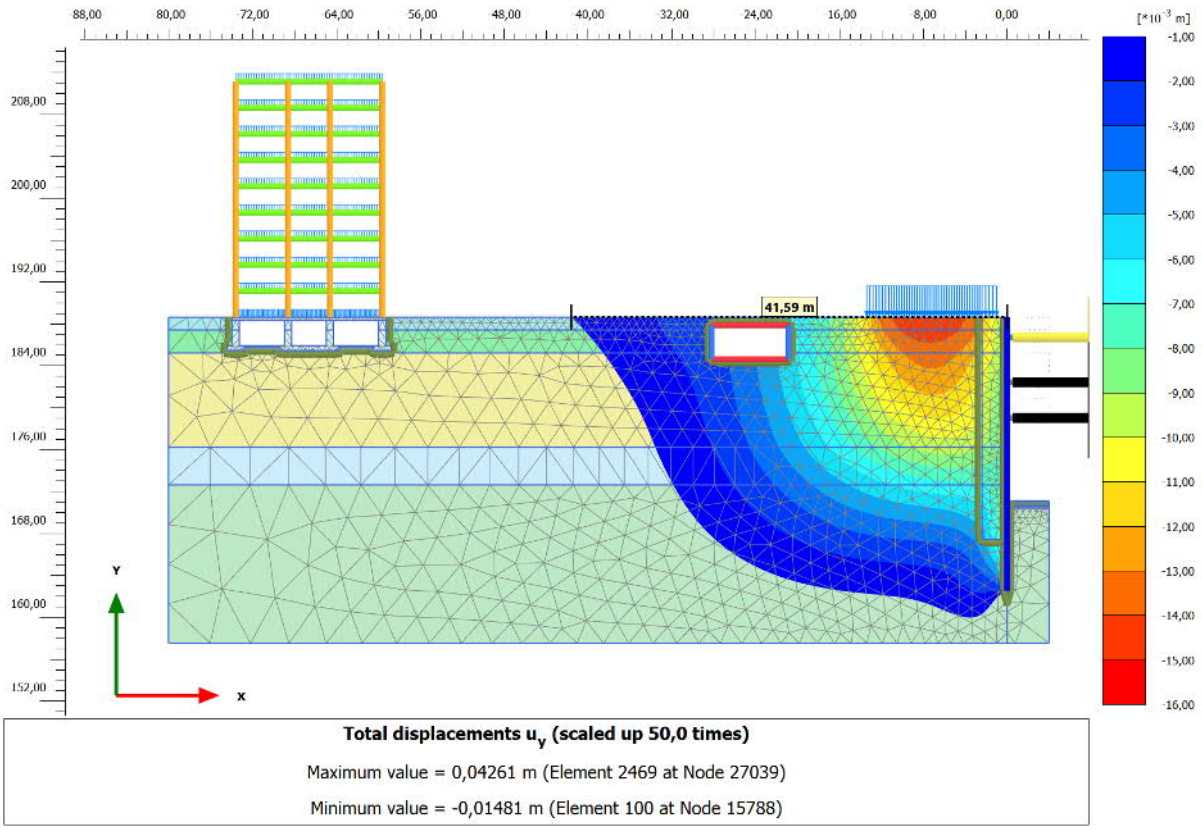


Рисунок Б.26 Изолинии вертикальных перемещений грунтового массива с ограничением в 1 мм. Расчетная зона влияния расчетного сечения 1-1, на здание по адресу г. Москва, Ленинский проспект дом 78 (в зону влияния не попало)

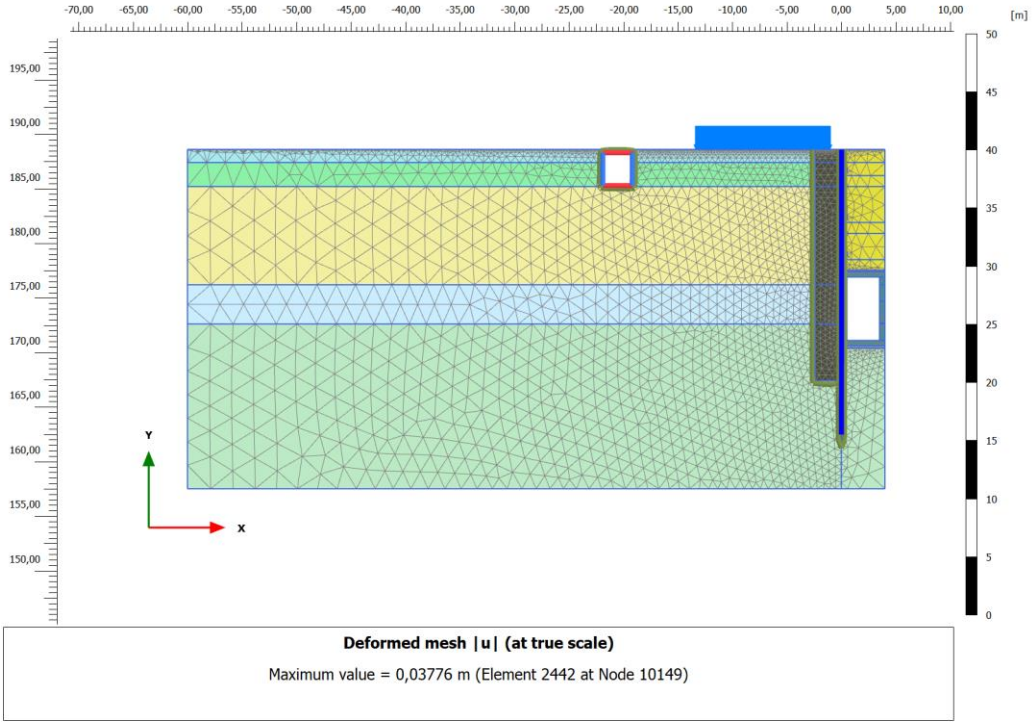


Рисунок Б.27 Расчетное сечение 2-2 замоделированное в ПВК «Plaxis 2D»

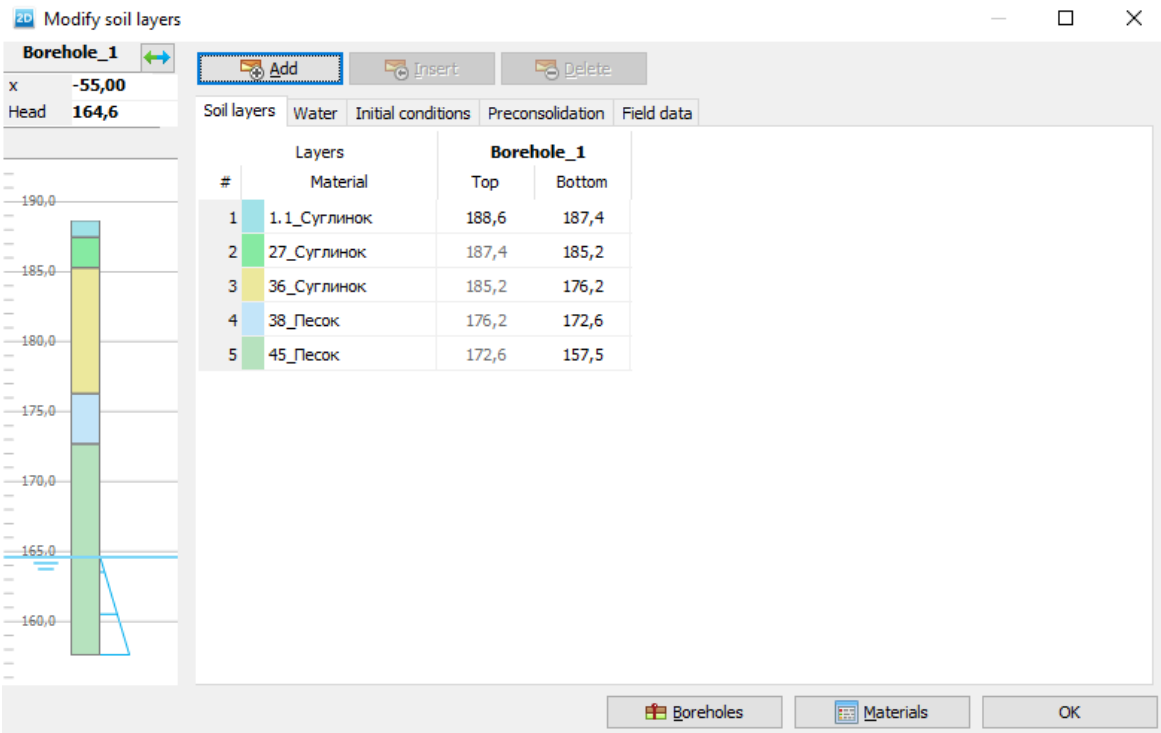


Рисунок Б.28 Скважина №30783 расчетного сечения 2-2, введенная в расчетную модель ПВК «Plaxis 2D»

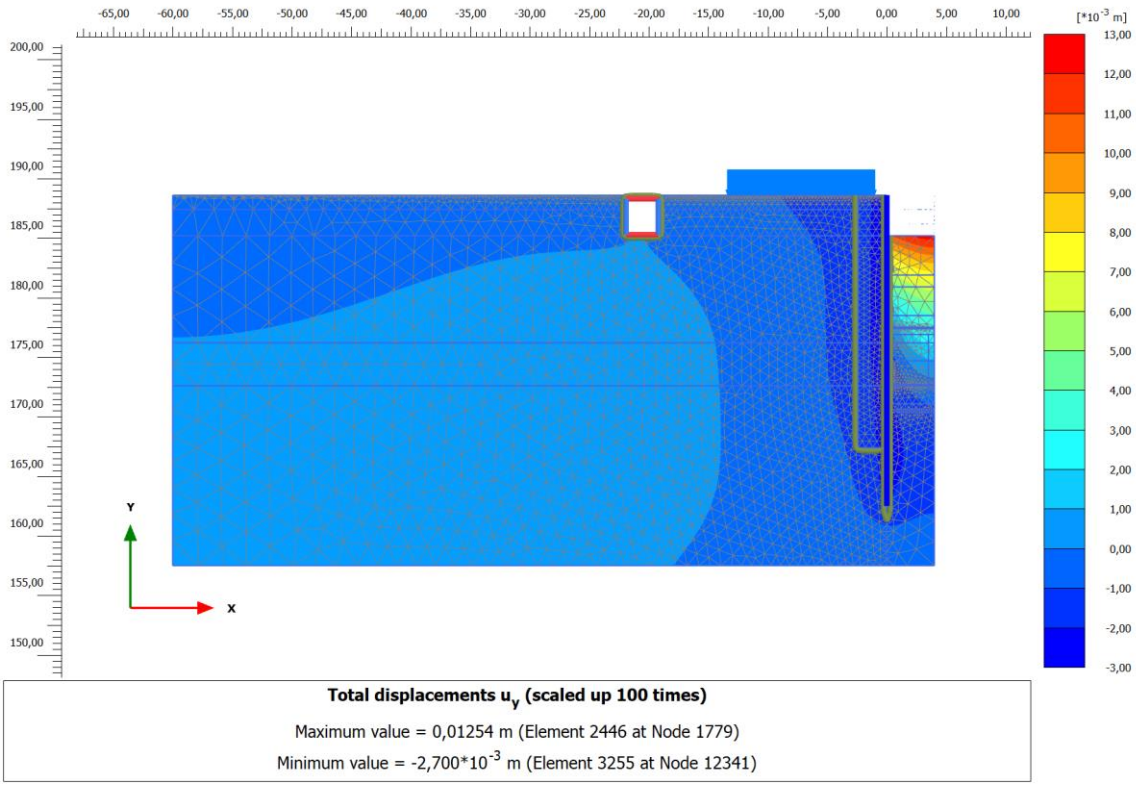


Рисунок Б.29 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 1-го яруса котлована

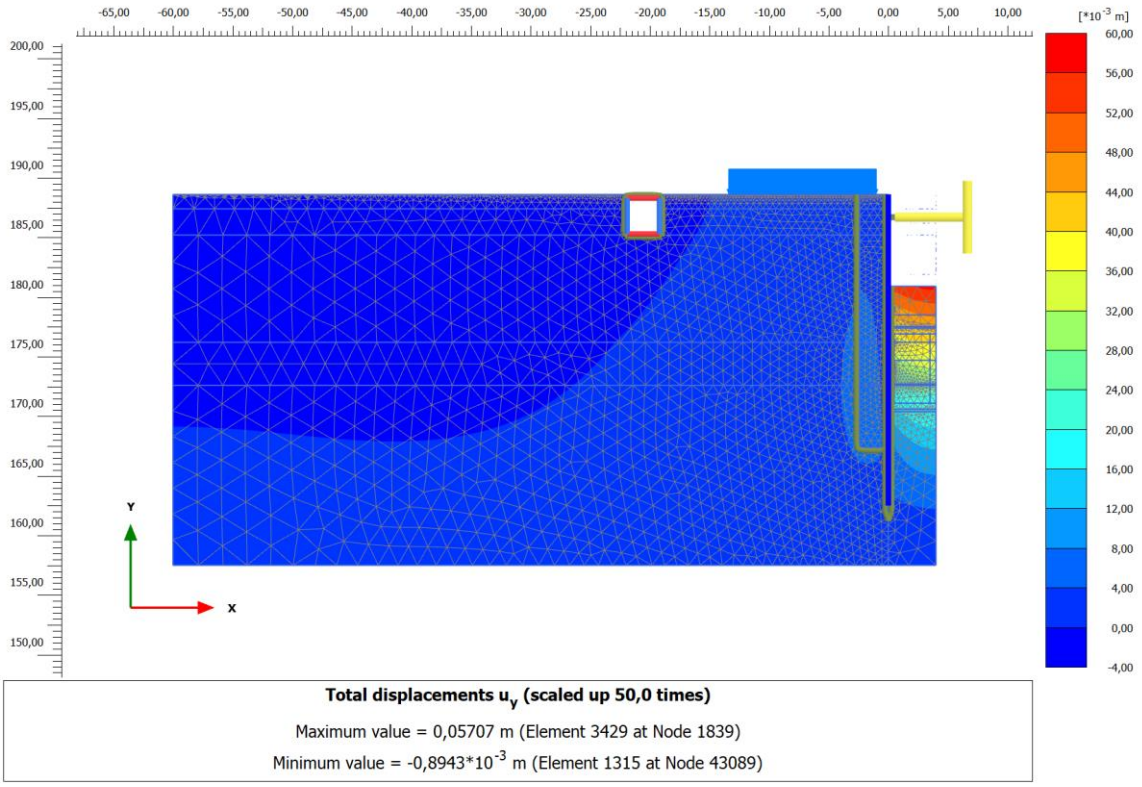


Рисунок Б.30 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 2-го яруса котлована и монтаже 1-го яруса распорной системы

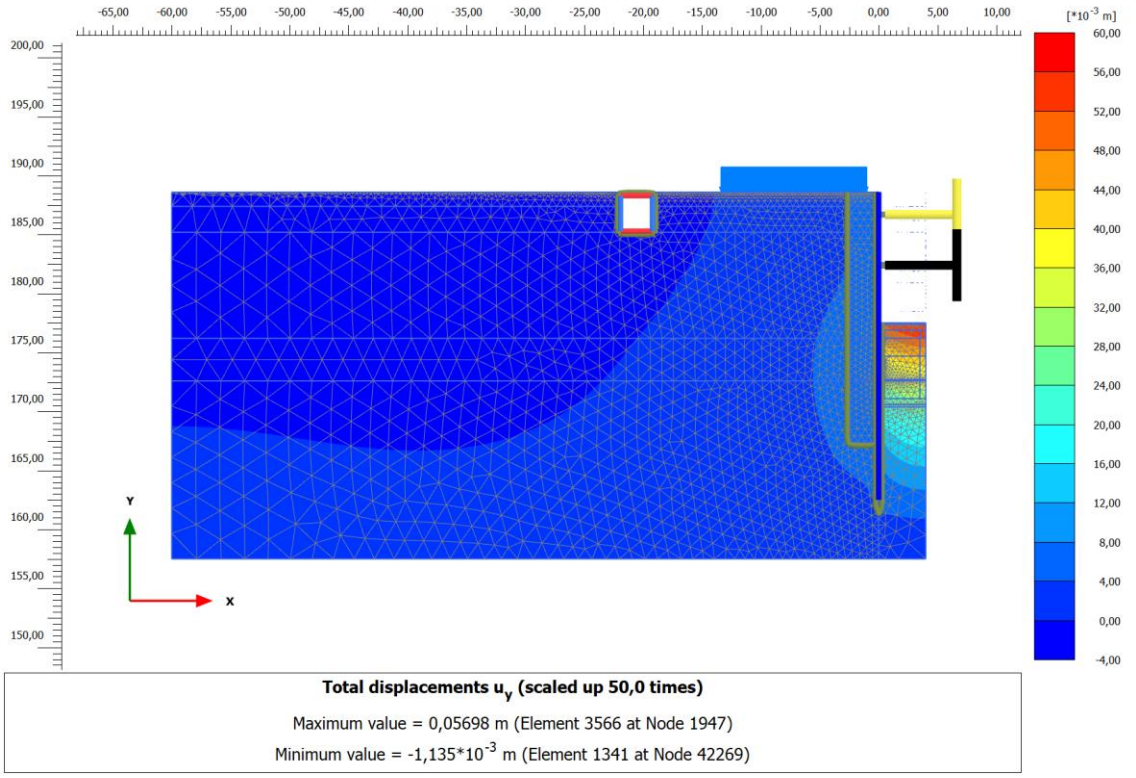


Рисунок Б.31 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 3-го яруса котлована и монтаже 2-го яруса распорной системы

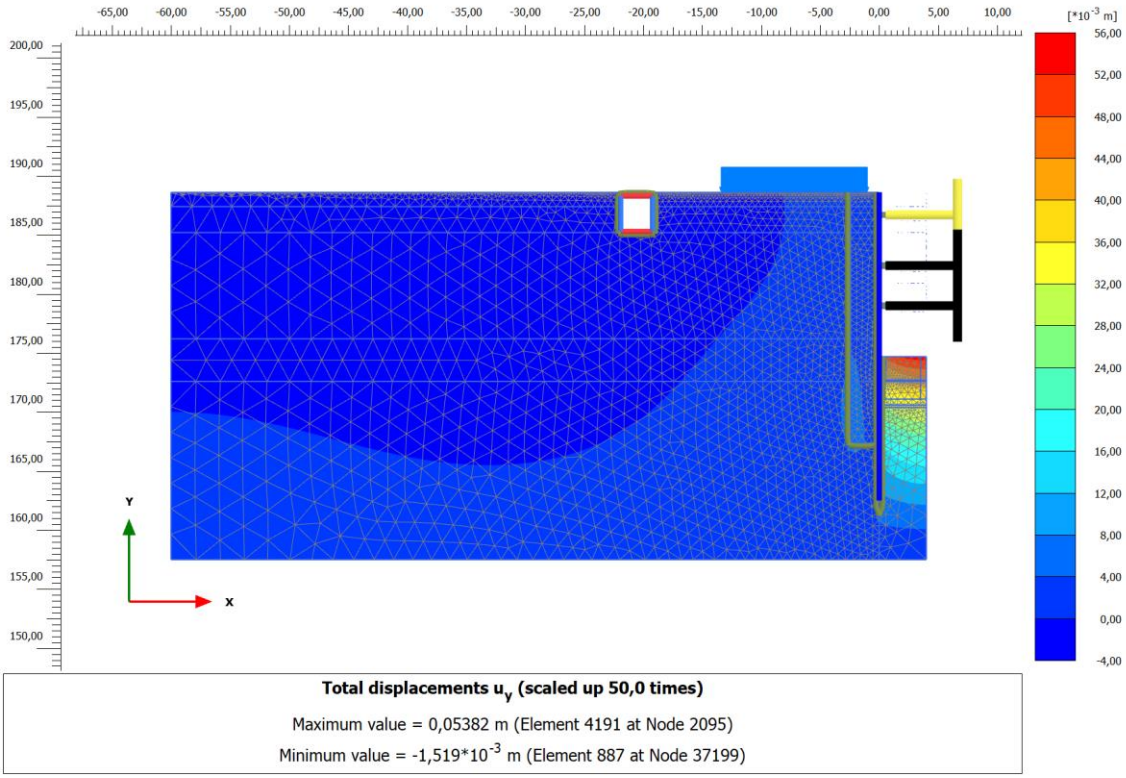


Рисунок Б.32 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 4-го яруса котлована и монтаже 3-го яруса распорной системы

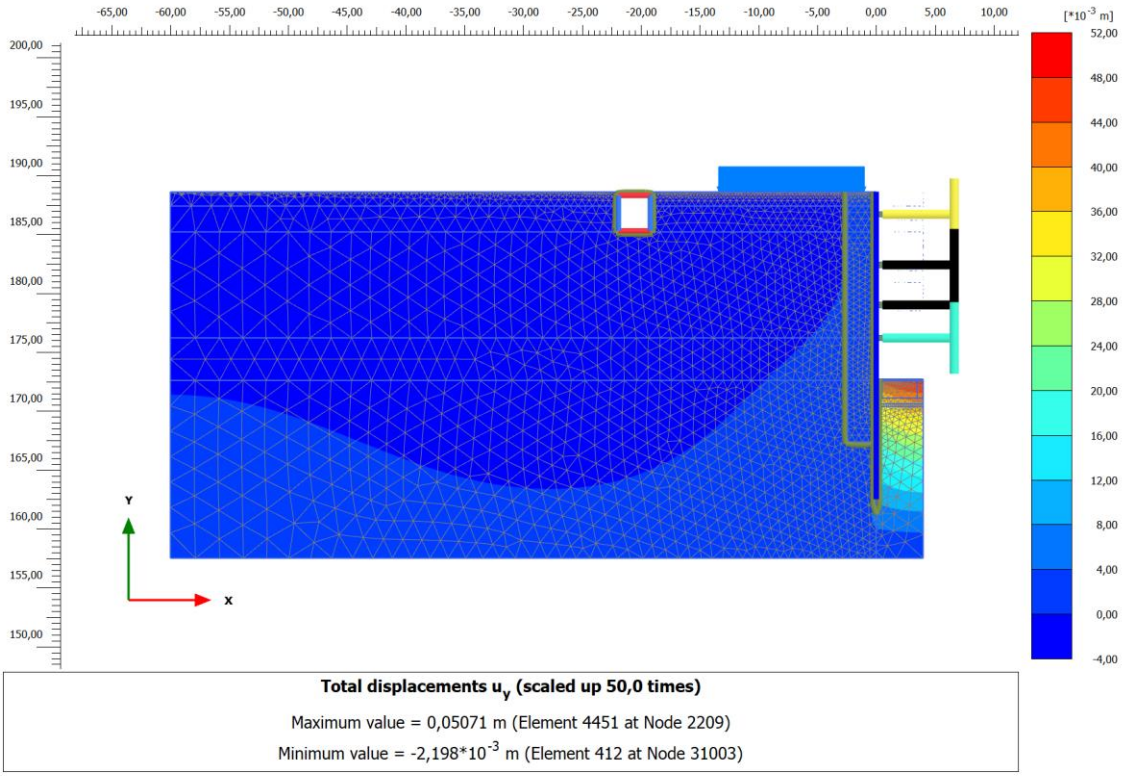


Рисунок Б.33 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 5-го яруса котлована и монтаже 4-го яруса распорной системы

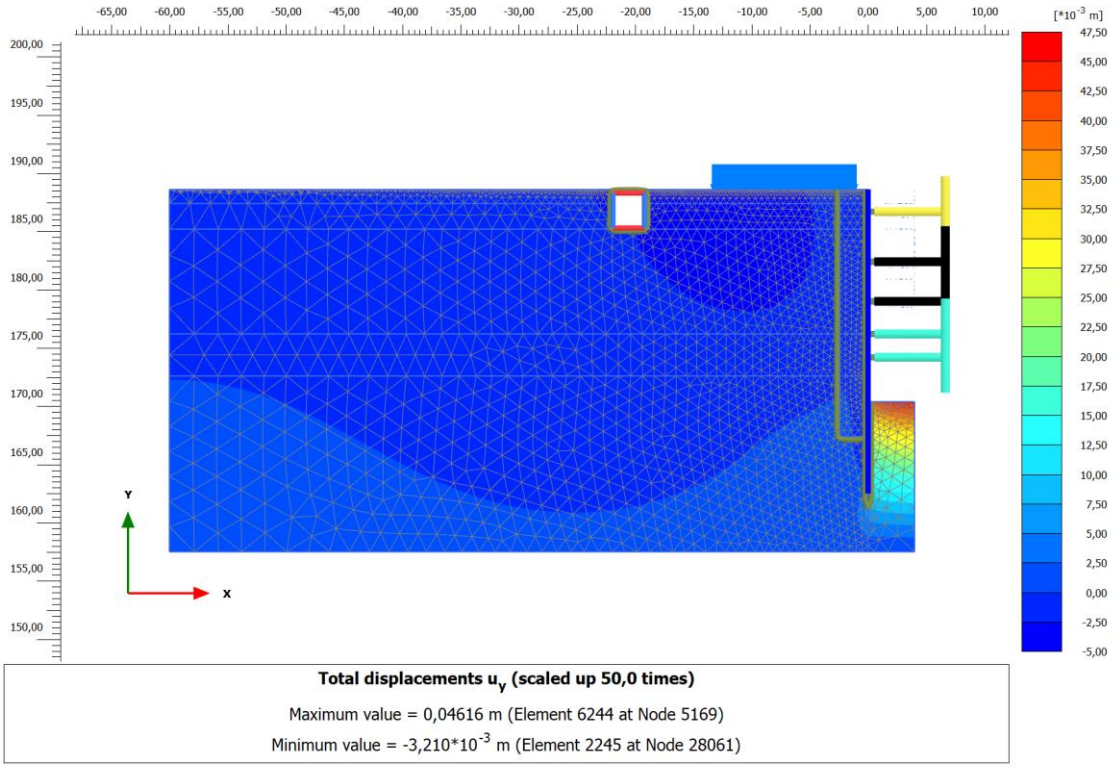


Рисунок Б.34 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 6-го яруса котлована и монтаже 5-го яруса распорной системы

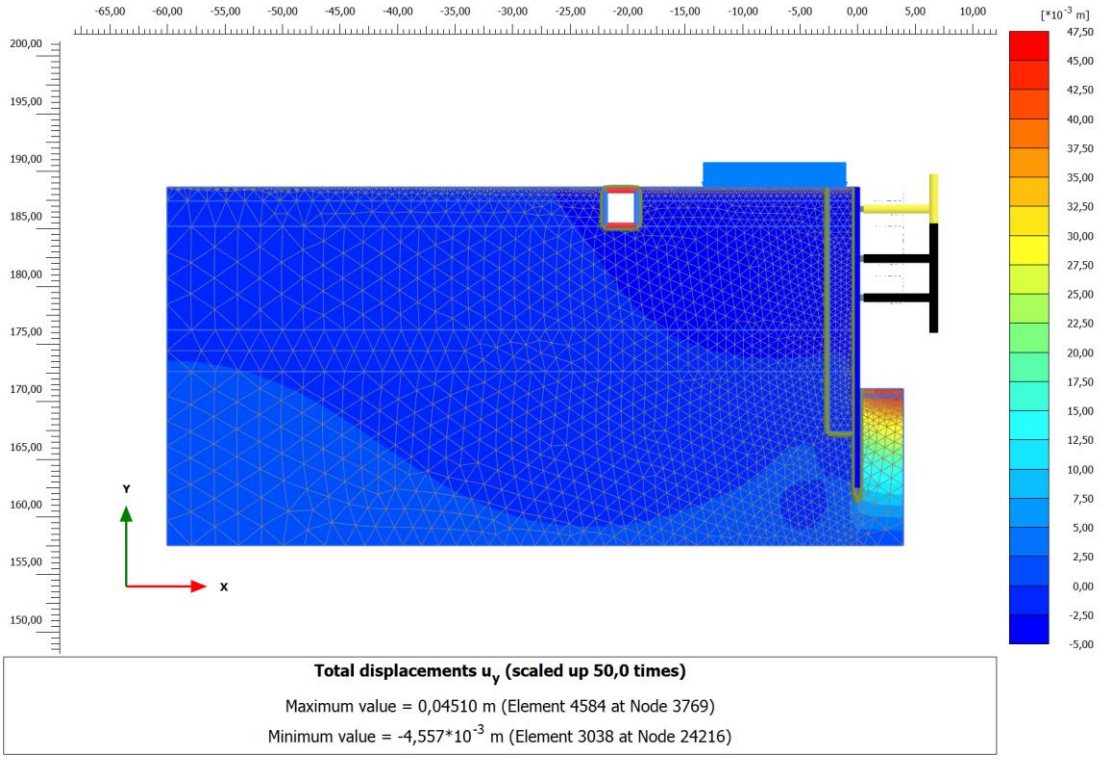


Рисунок Б.35 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го яруса распорной системы

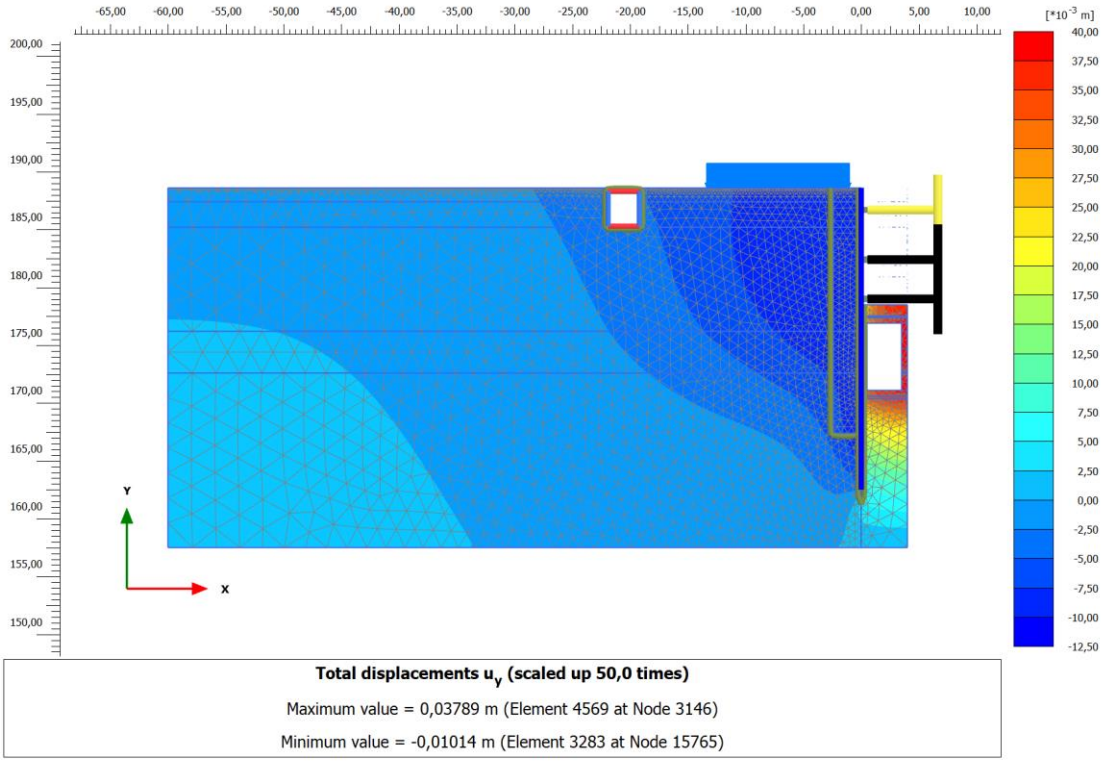


Рисунок Б.36 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе устройства вертикальных конструкций монтажно-щитовой камеры

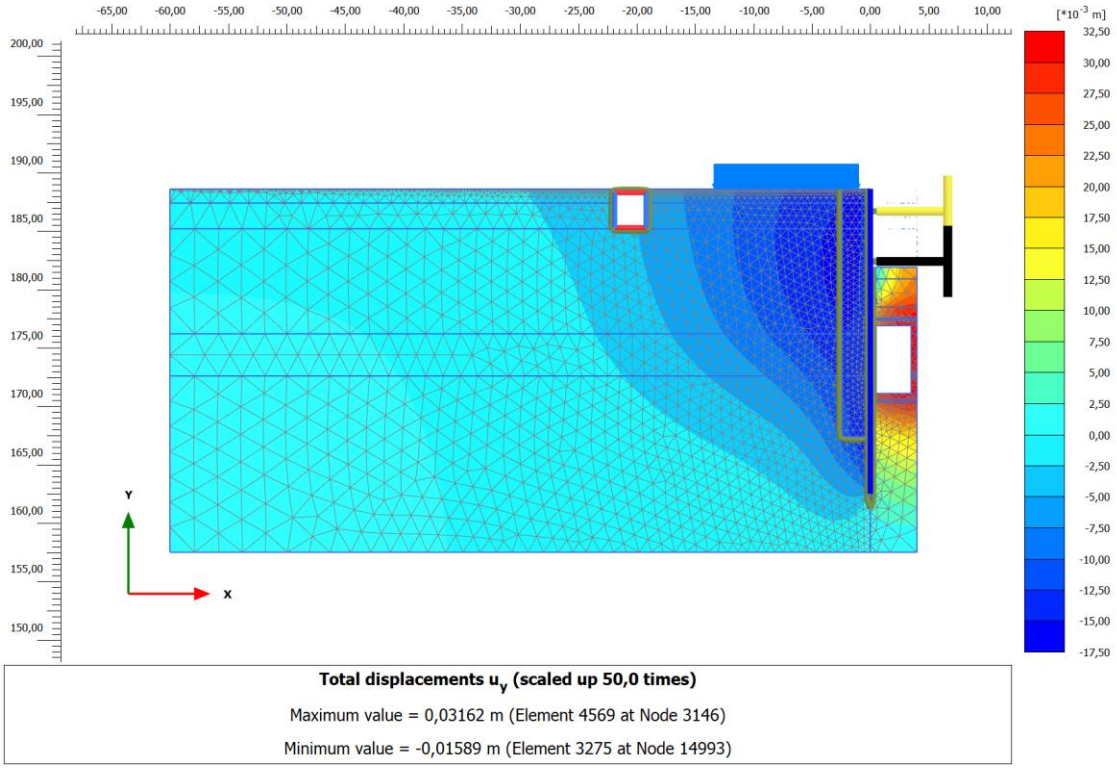


Рисунок Б.37 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе снятия 3-го яруса распорной системы и обратного хода засыпки котлована

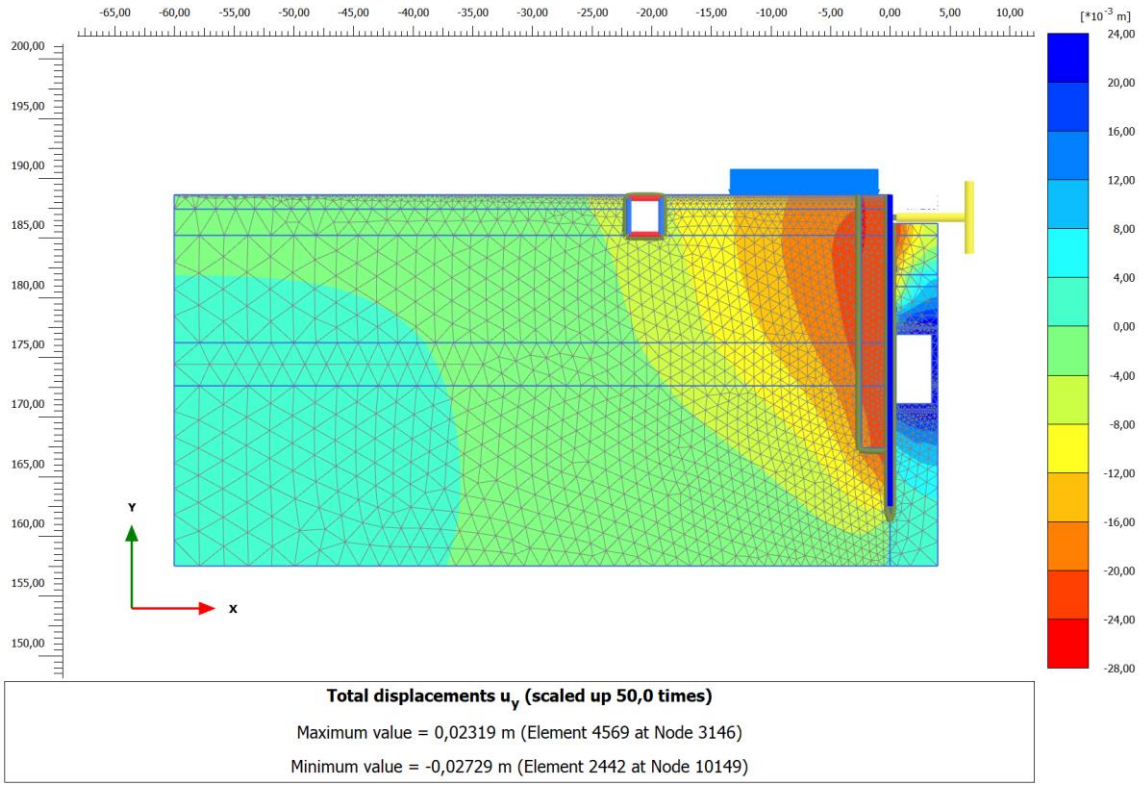


Рисунок Б.38 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе снятия 2-го яруса распорной системы и обратного хода засыпки котлована

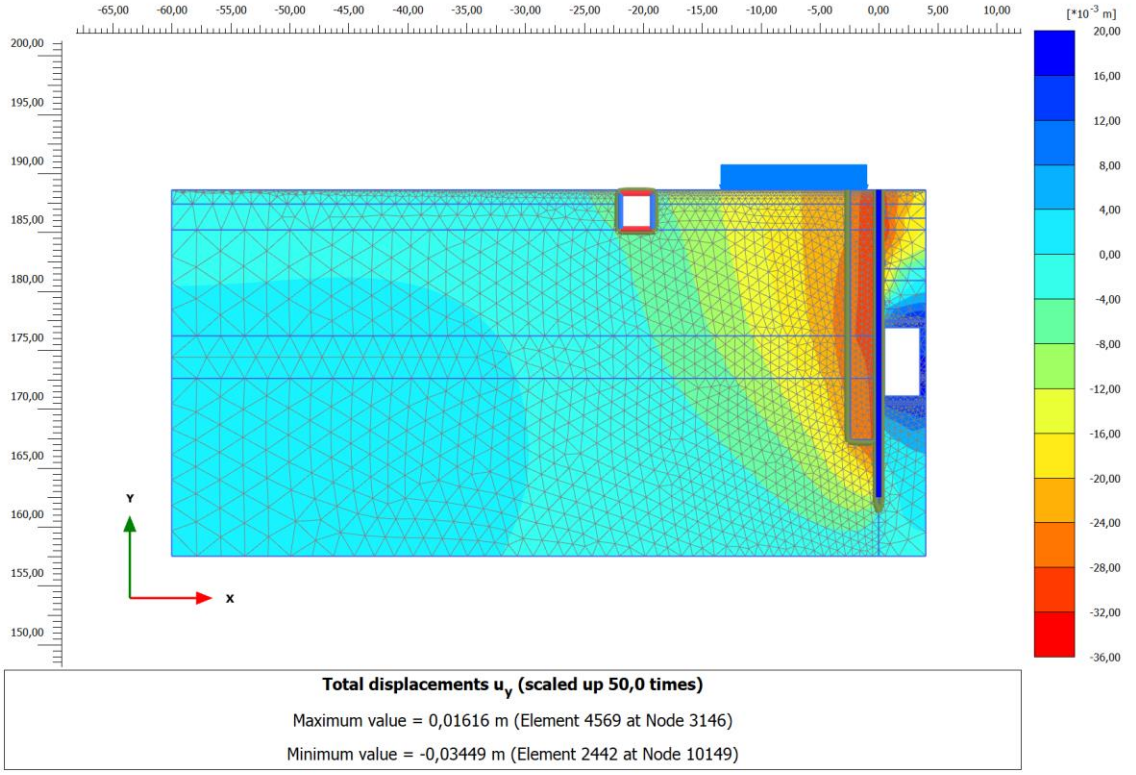


Рисунок Б.39 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе снятия 1-го яруса распорной системы и обратного хода засыпки котлована

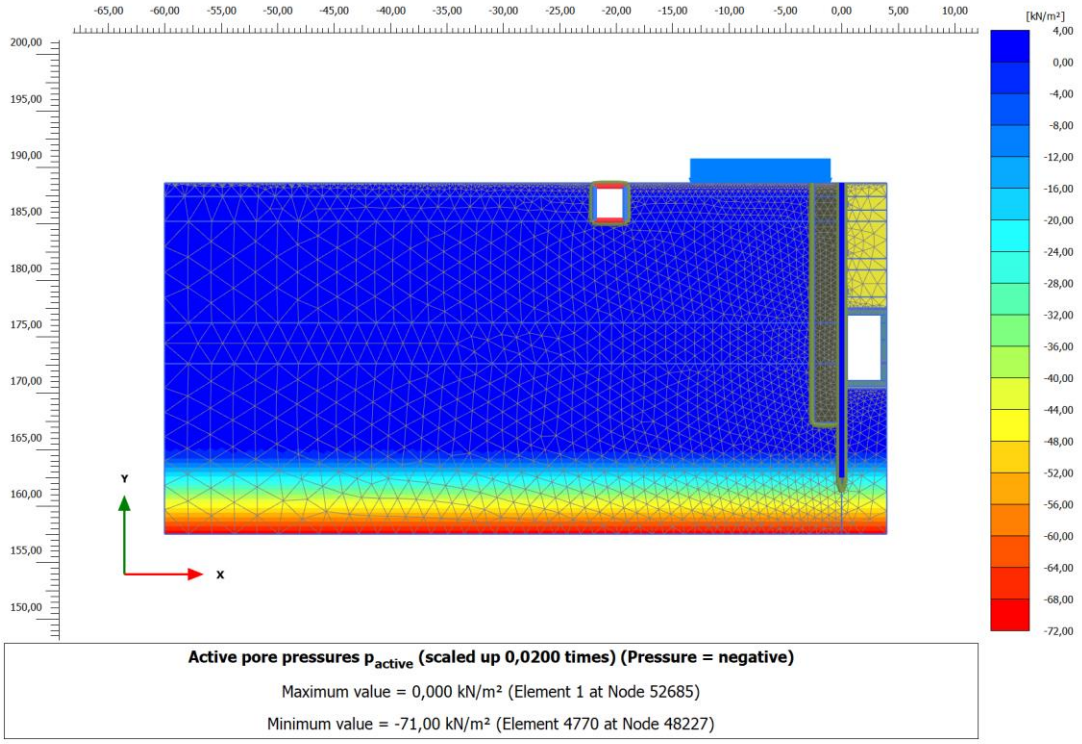


Рисунок Б.40 Изолинии гидростатического порового давления на фазе устройства монолитных конструкций и обратной засыпки котлована

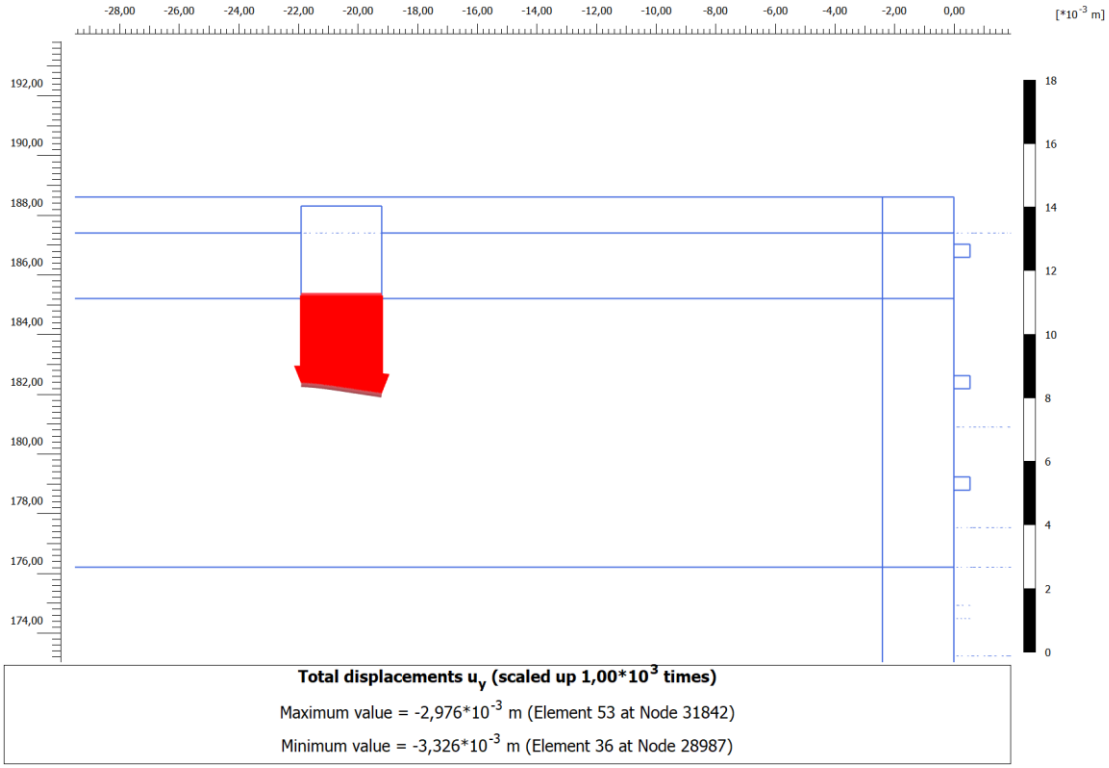


Рисунок Б.41 Эпюра дополнительных вертикальных перемещений эксплуатируемого кабельного коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 5-го и 4-го яруса распорной системы

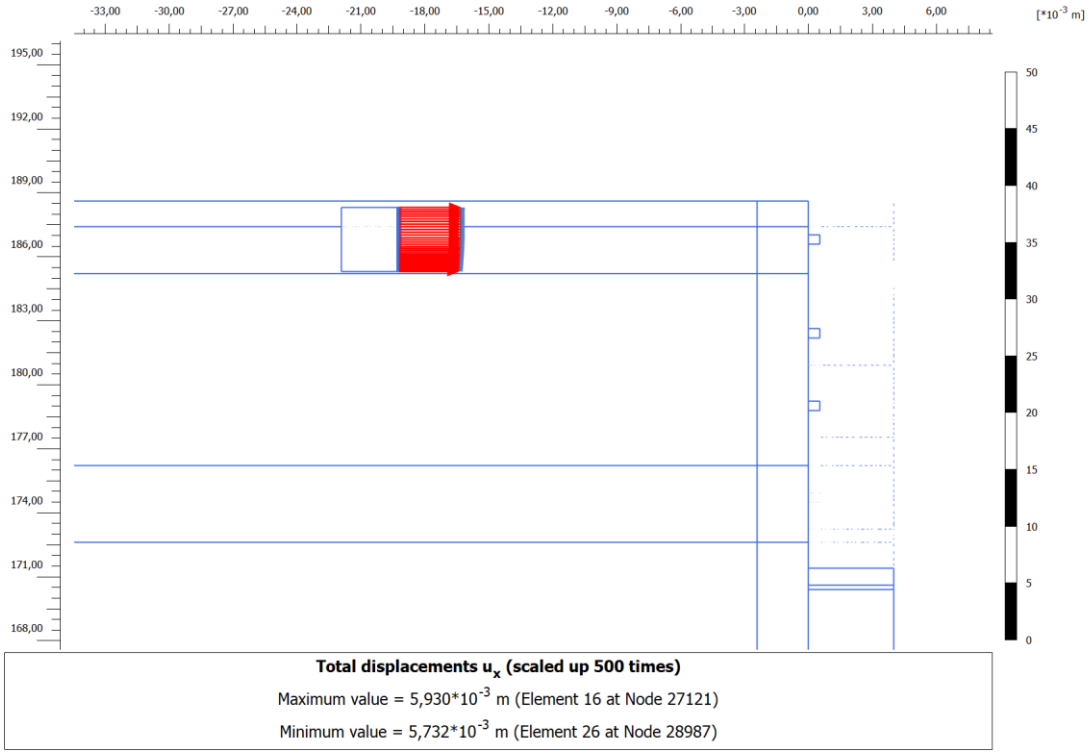


Рисунок Б.42 Эпюра дополнительных горизонтальных перемещений эксплуатируемого кабельного коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 5-го и 4-го яруса распорной системы

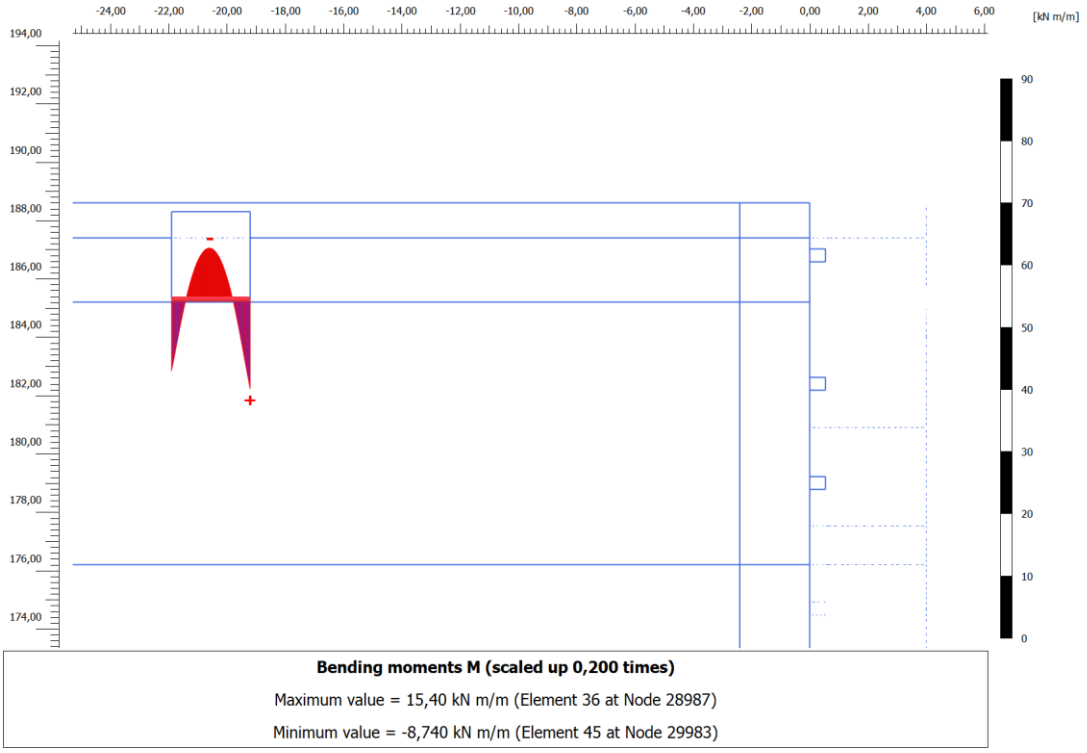


Рисунок Б.43 Эпюра изгибающих моментов лотковой плиты коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 5-го и 4-го яруса распорной системы

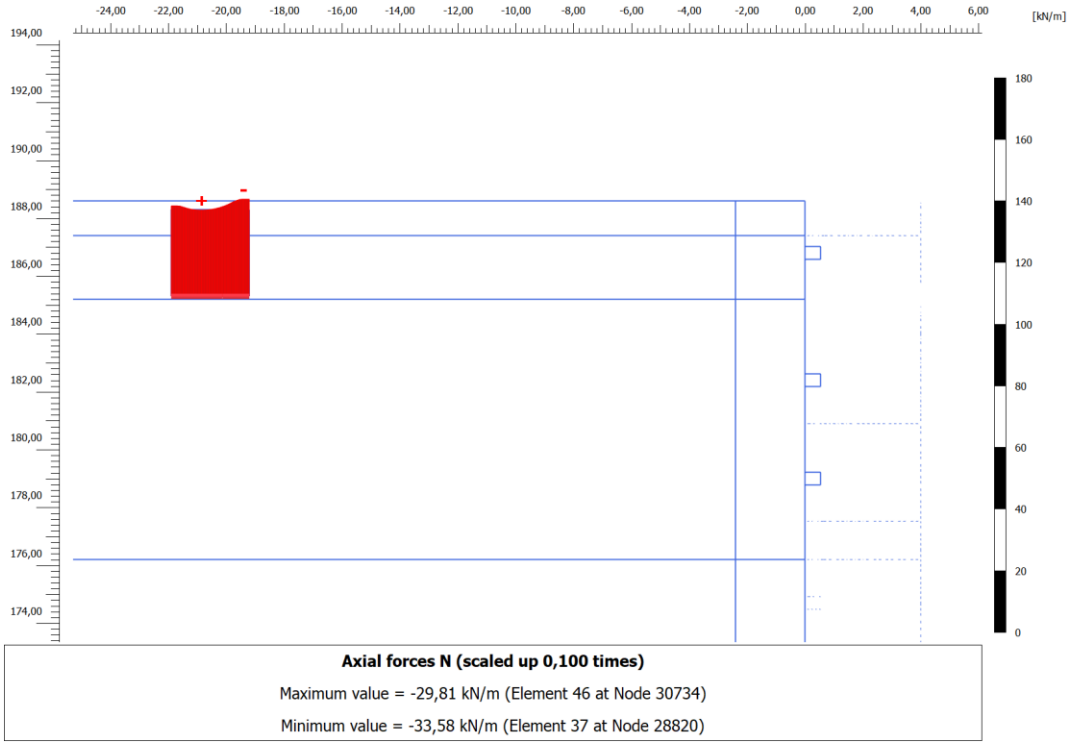


Рисунок Б.44 Эпюра усилий лотковой плиты коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 5-го и 4-го яруса распорной системы

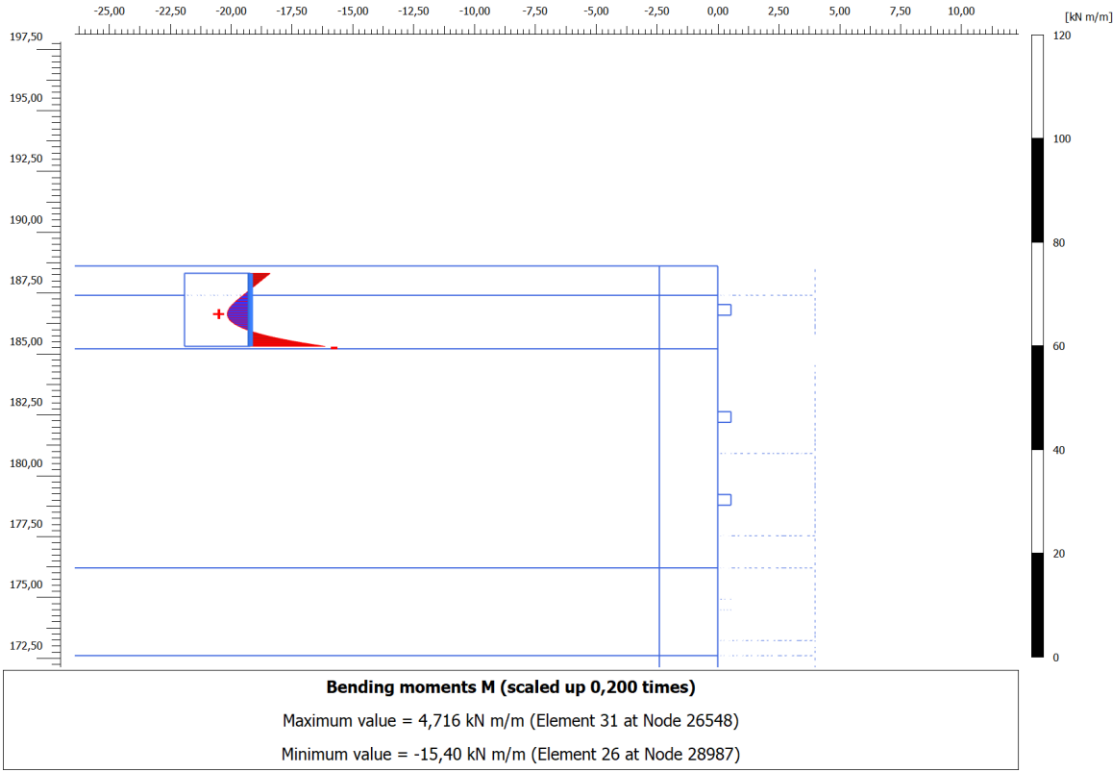


Рисунок Б.45 Эпюра изгибающих моментов стены коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 5-го и 4-го яруса распорной системы

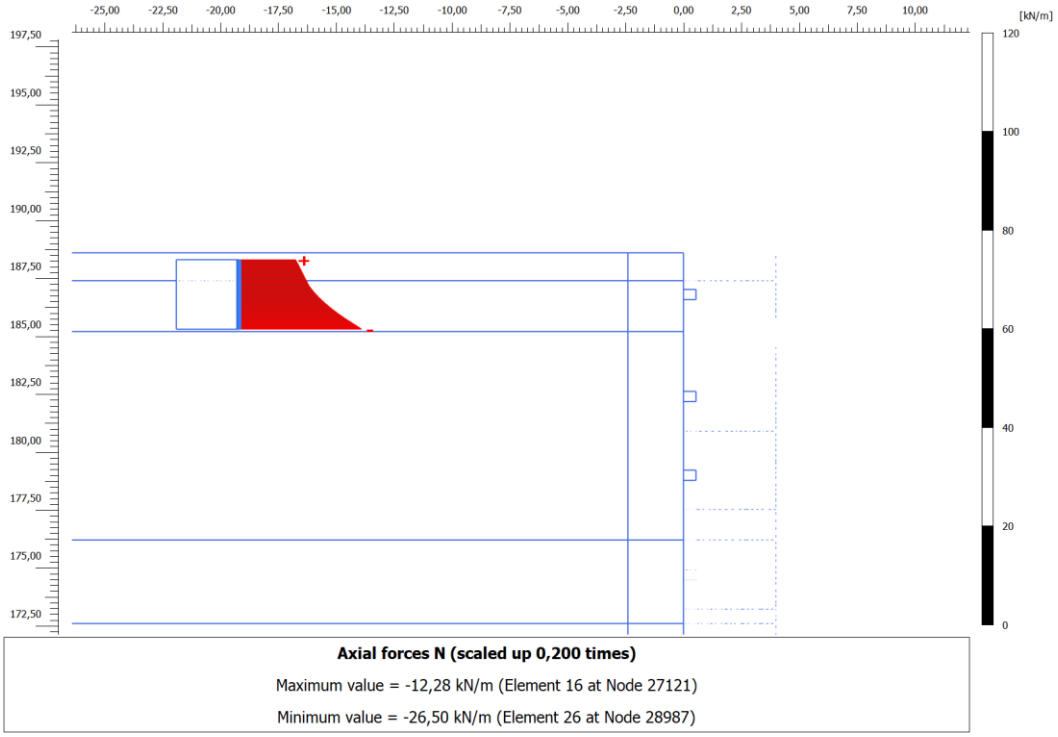


Рисунок Б.46 Эпюра усилий стены коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 5-го и 4-го яруса распорной системы

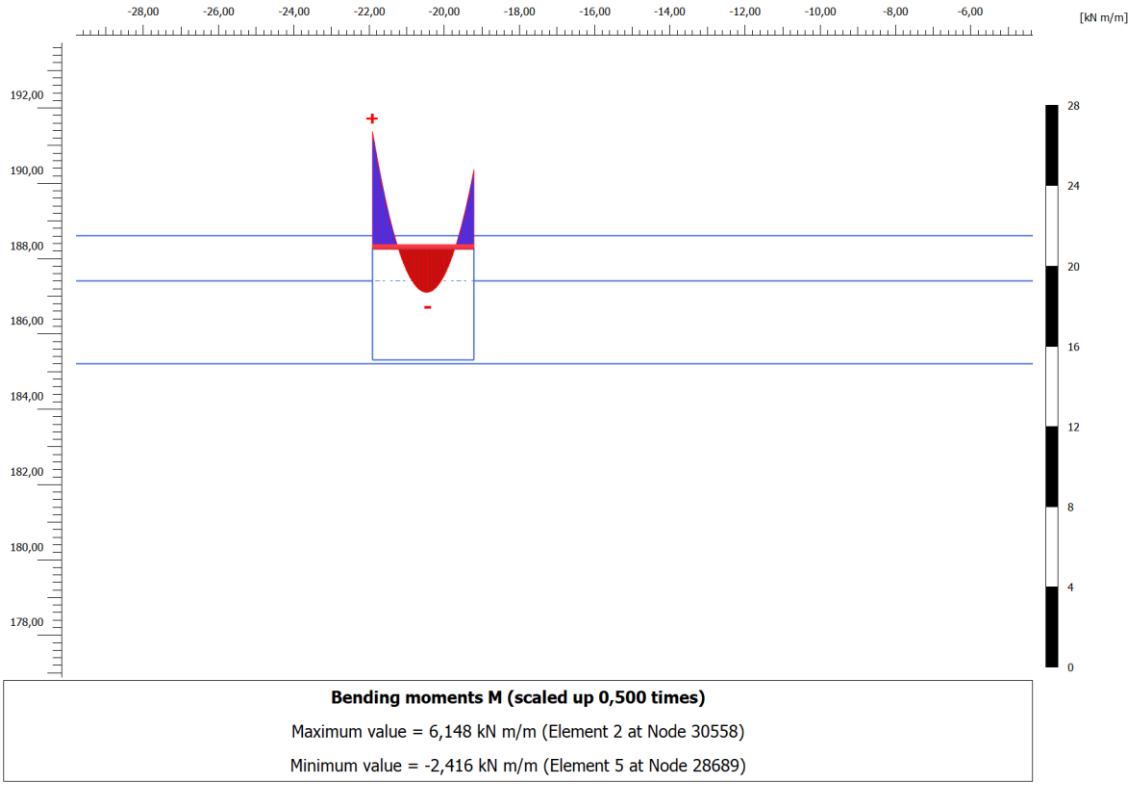


Рисунок Б.47 Эпюра изгибающих моментов покрытия коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 5-го и 4-го яруса распорной системы

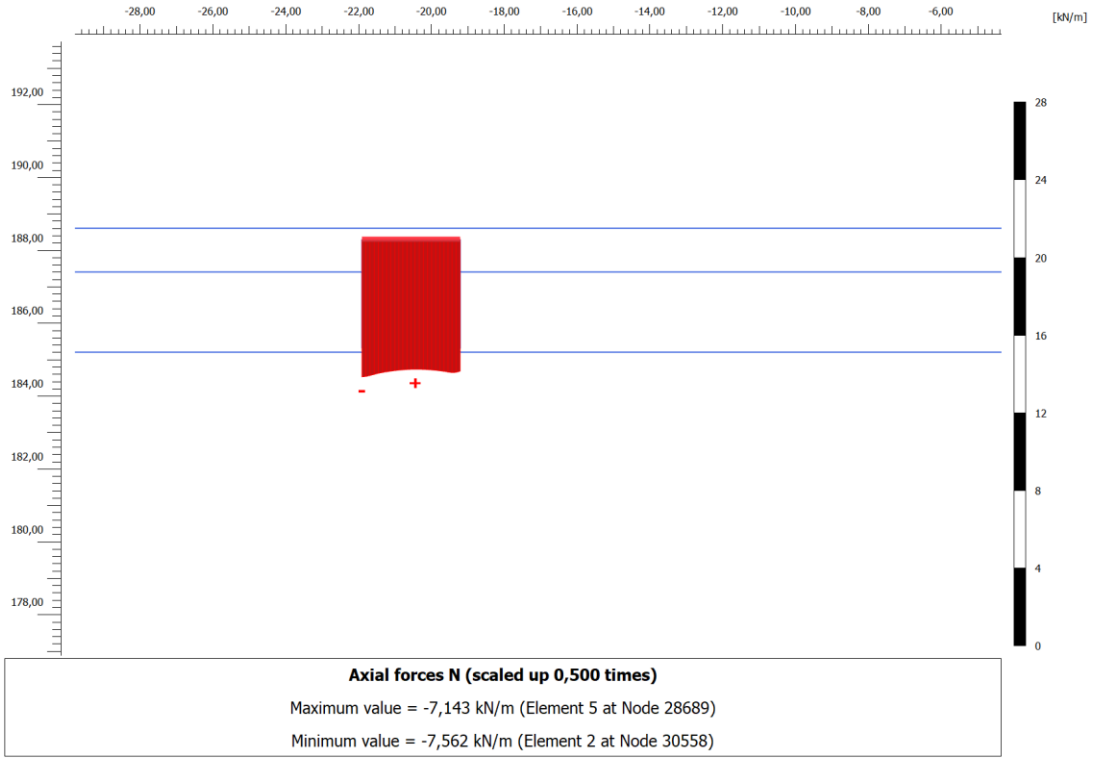


Рисунок Б.48 Эпюра усилий покрытия коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 5-го и 4-го яруса распорной системы

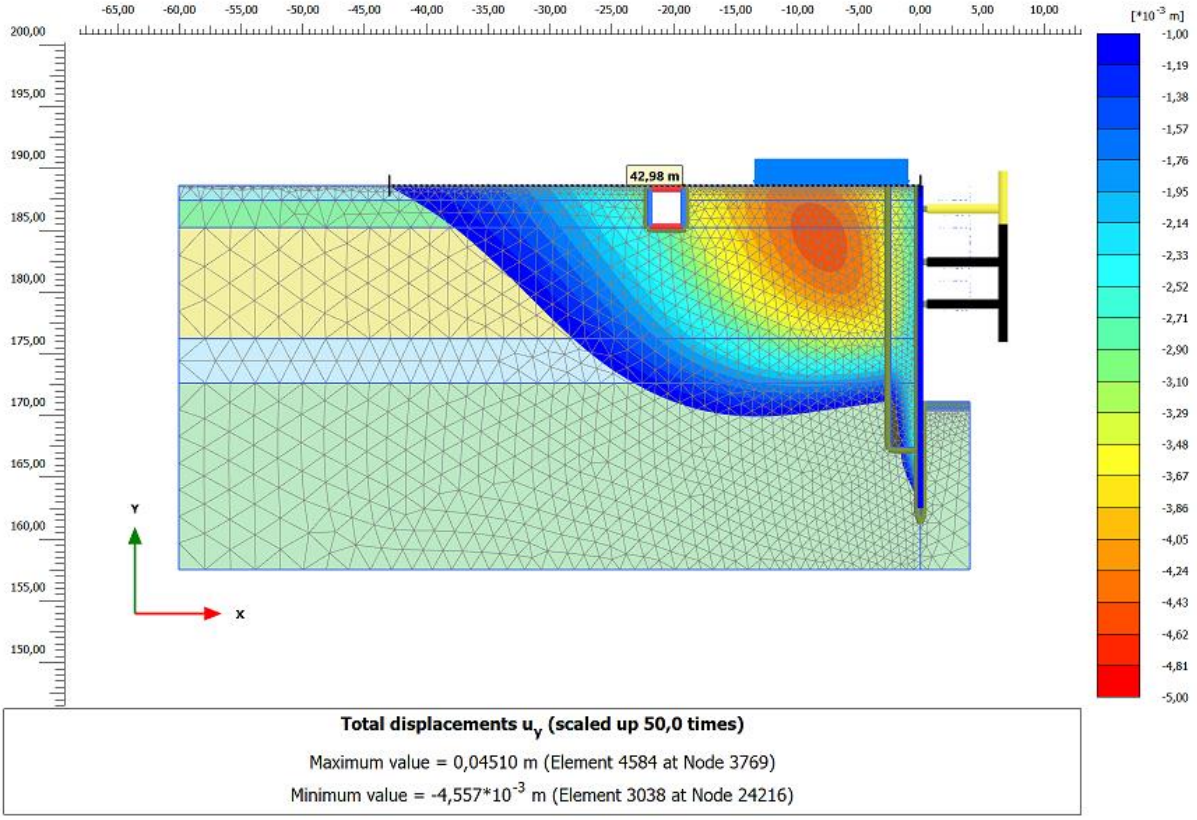


Рисунок Б.49 Изолинии вертикальных перемещений грунтового массива с ограничением в 1 мм. Расчетная зона влияния расчетного сечения 2-2

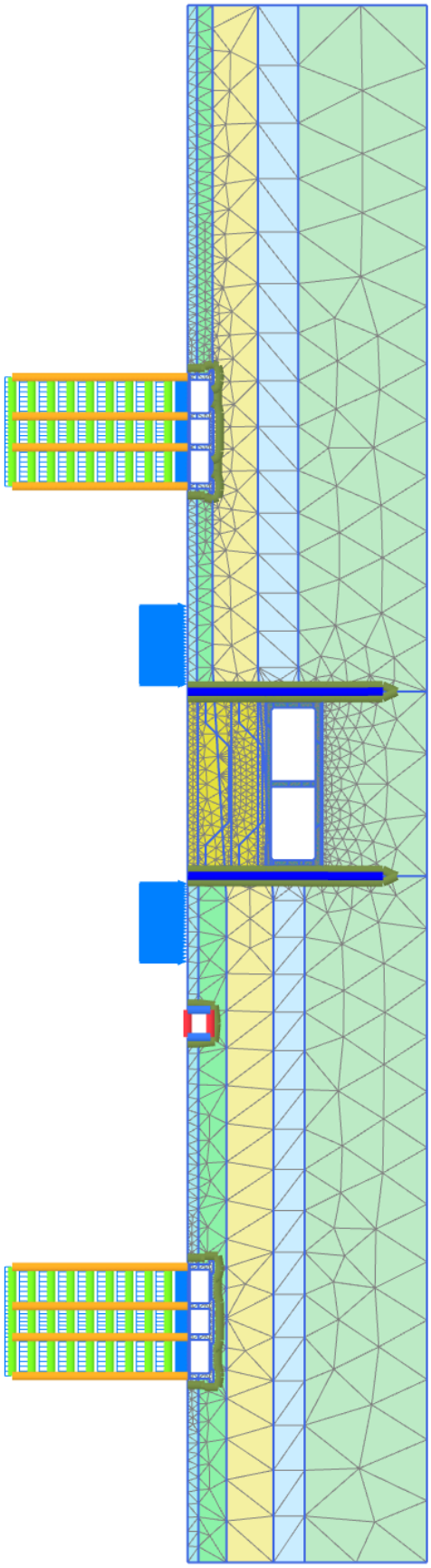


Рисунок Б.50 Расчетное сечение 3-3 замоделированное в ПВК «Plaxis 2D»

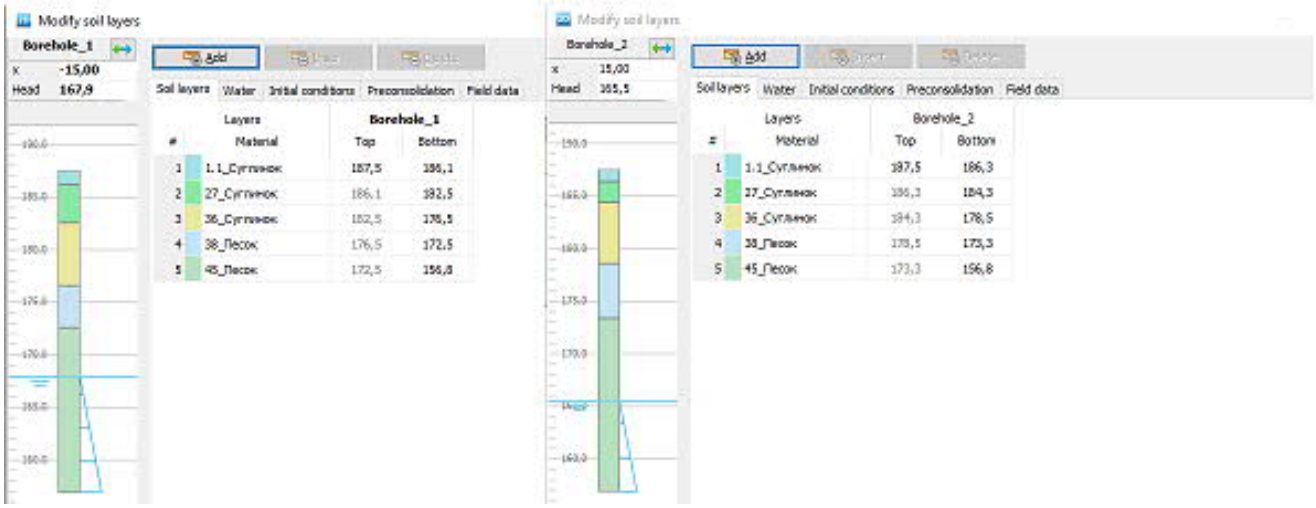


Рисунок Б.51 Скважины №31067, №31187 расчетного сечения 3-3, введенные в расчетную модель ПВК «Plaxis 2D»

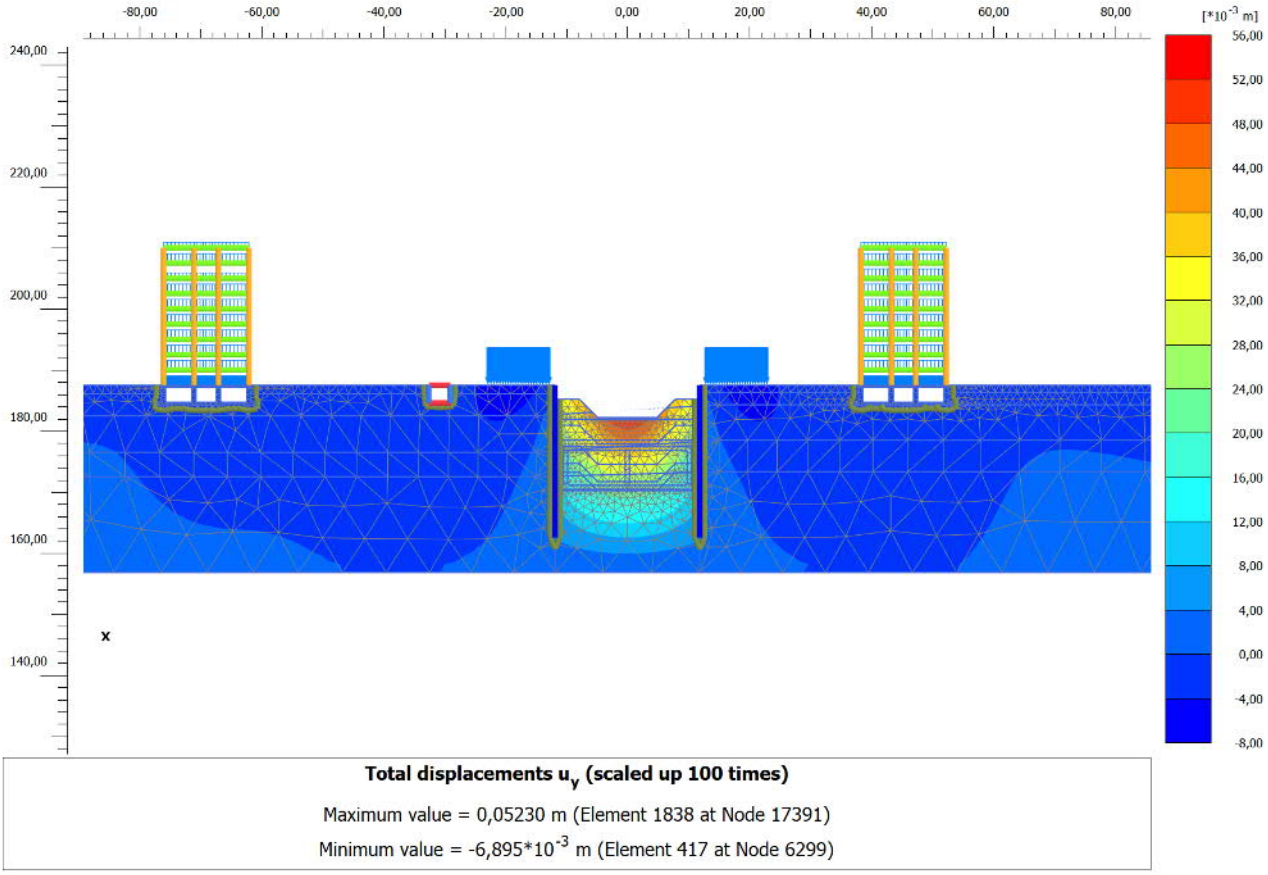


Рисунок Б.52 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 1-го яруса котлована

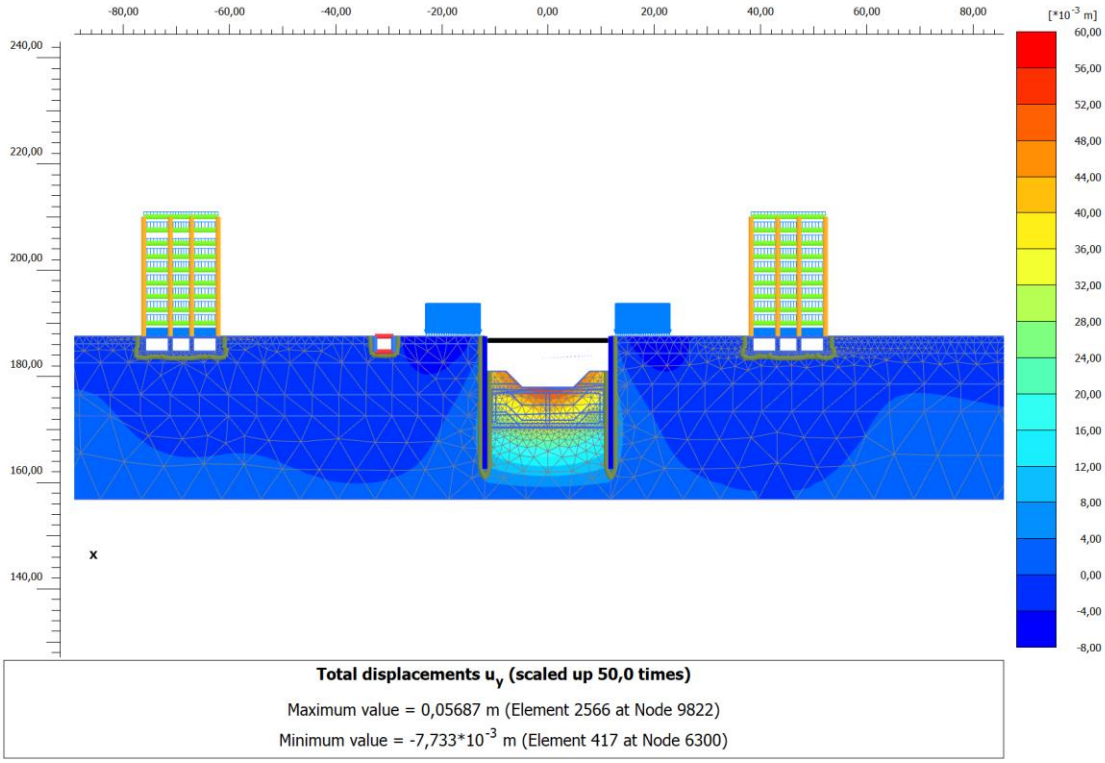


Рисунок Б.53 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 2-го яруса котлована и монтаже 1-го яруса распорной системы

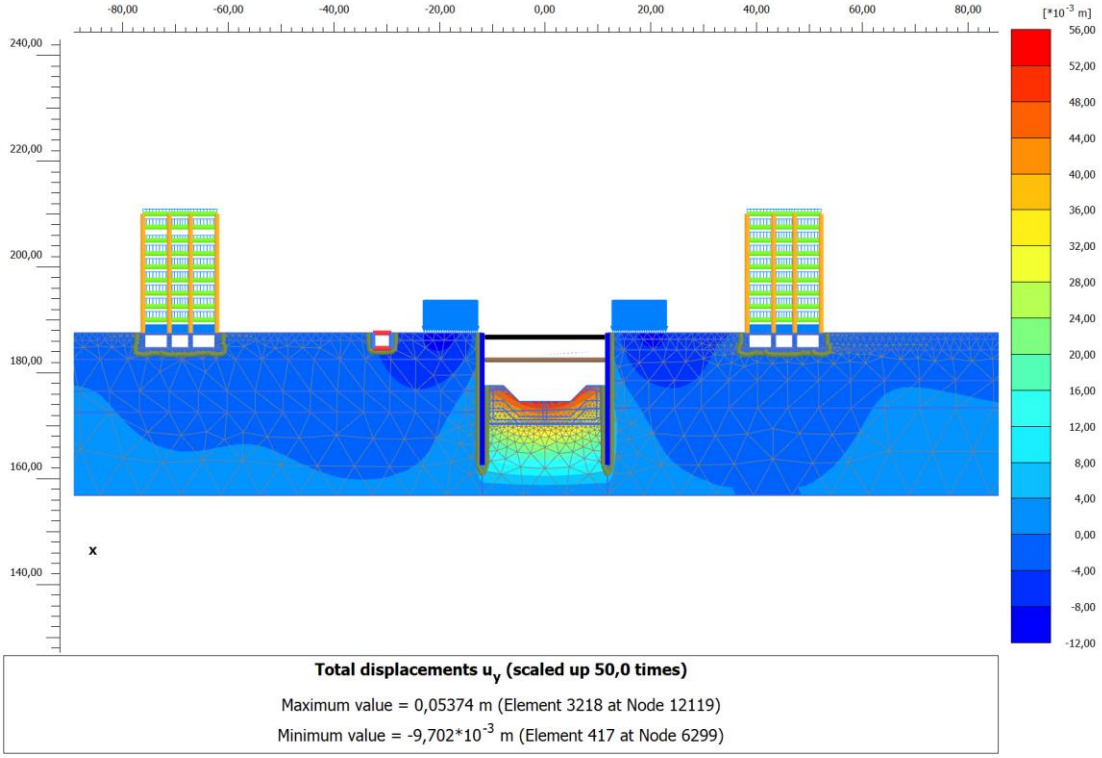


Рисунок Б.54 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 3-го яруса котлована и монтаже 2-го яруса распорной системы

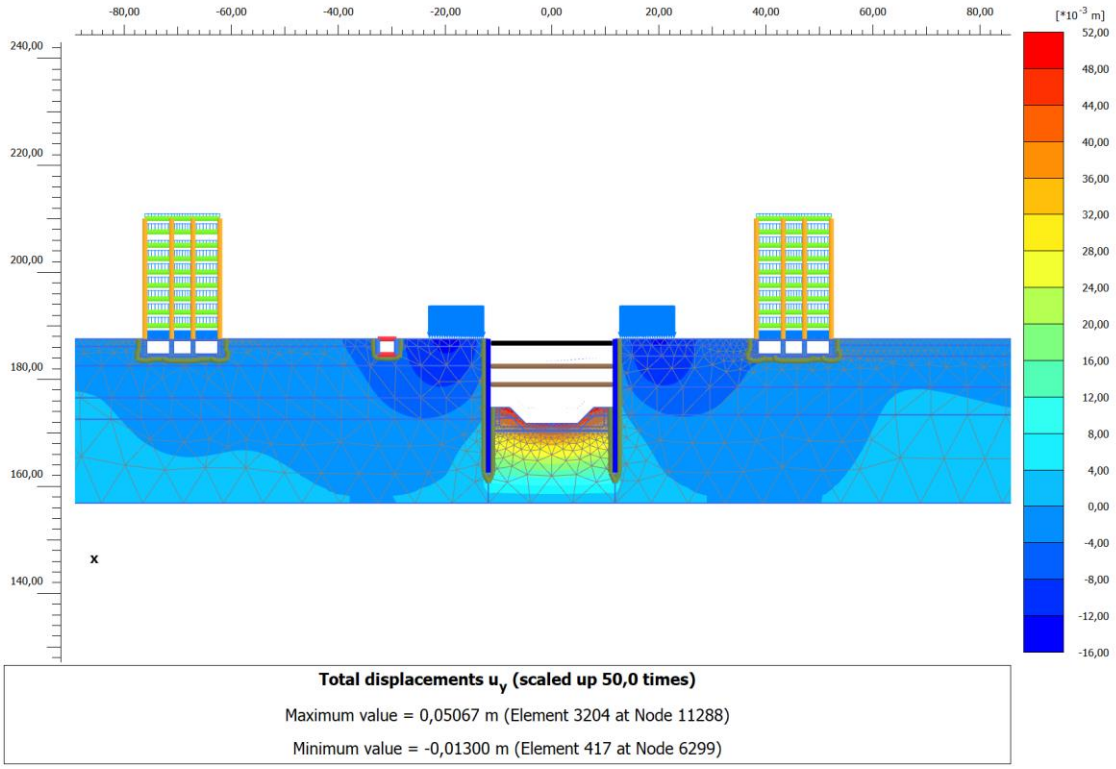


Рисунок Б.55 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 4-го яруса котлована и монтаже 3-го яруса распорной системы

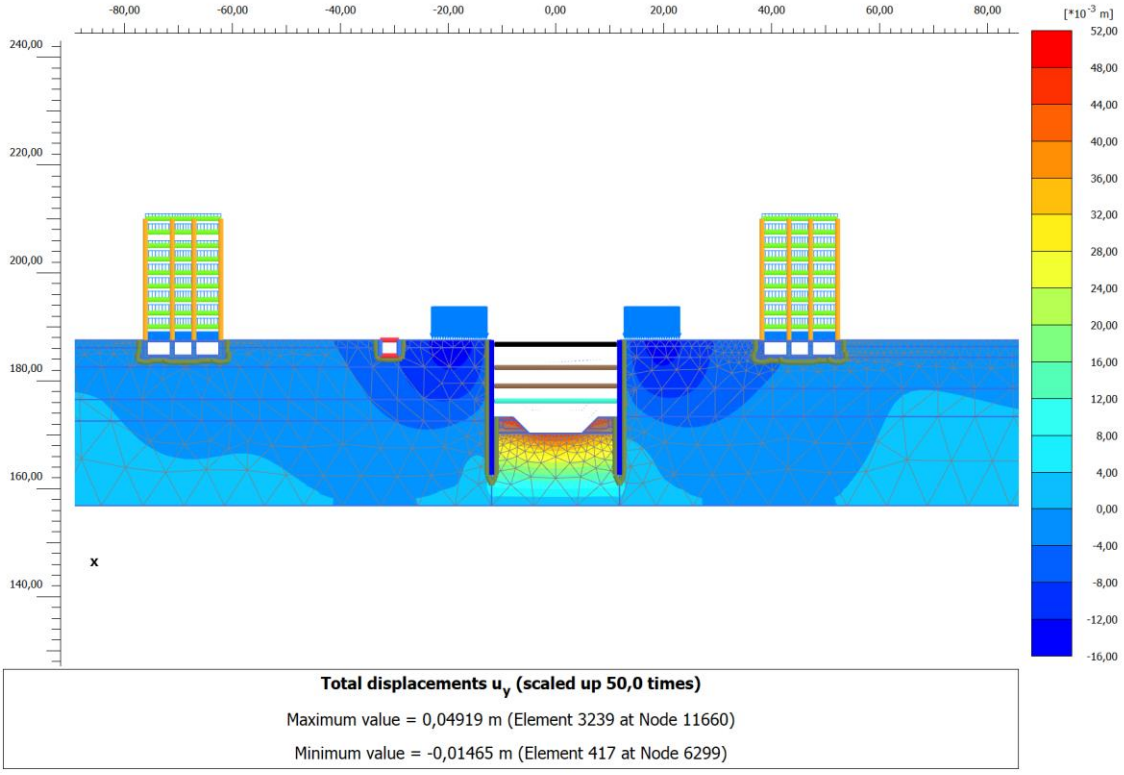


Рисунок Б.56 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 5-го яруса котлована и монтаже 4-го яруса распорной системы

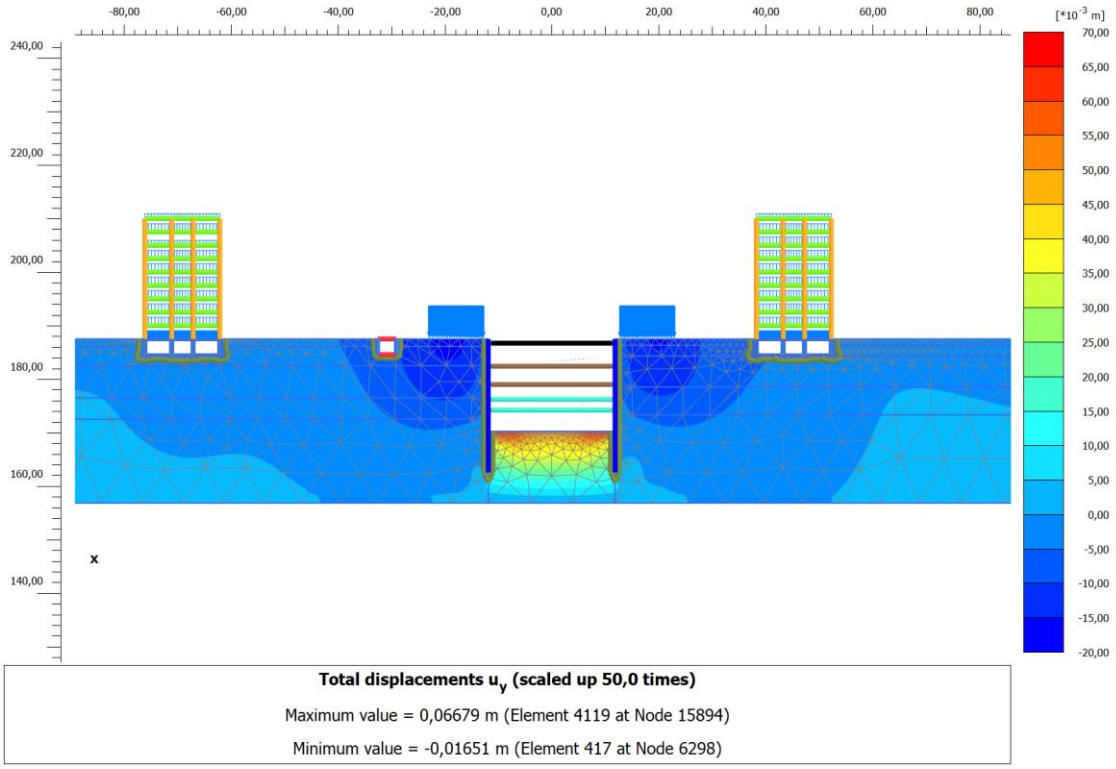


Рисунок Б.57 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 6-го яруса котлована и монтаже 5-го яруса распорной системы

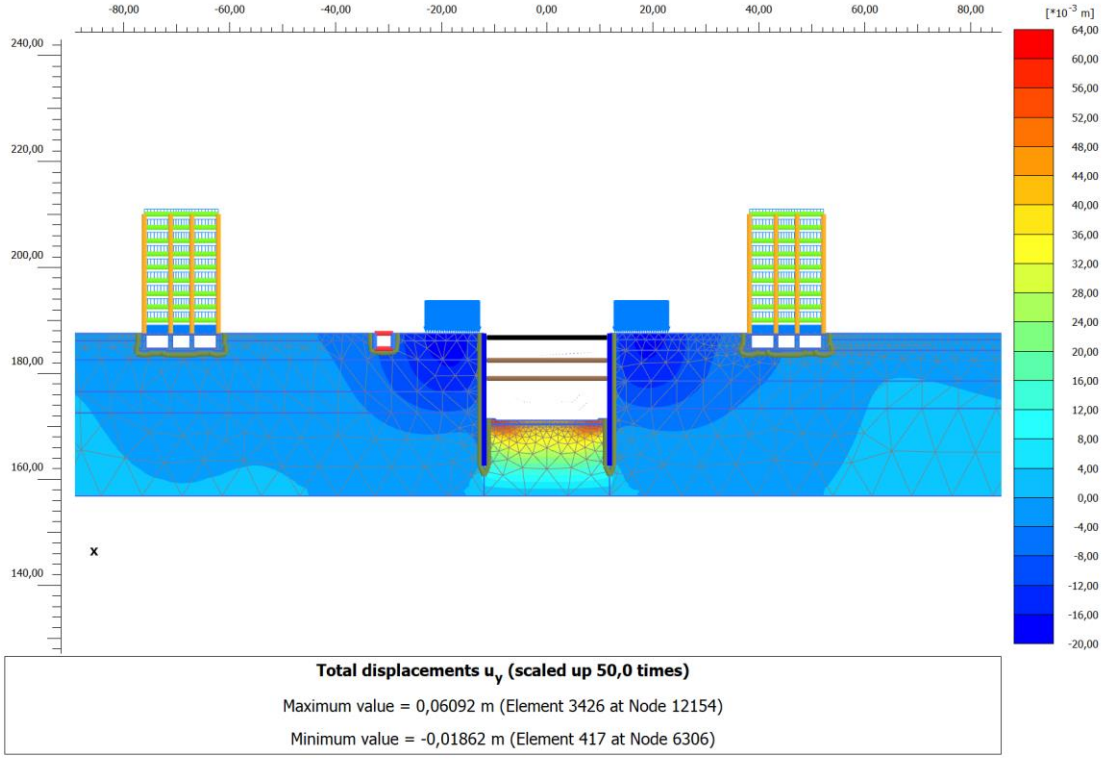


Рисунок Б.58 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

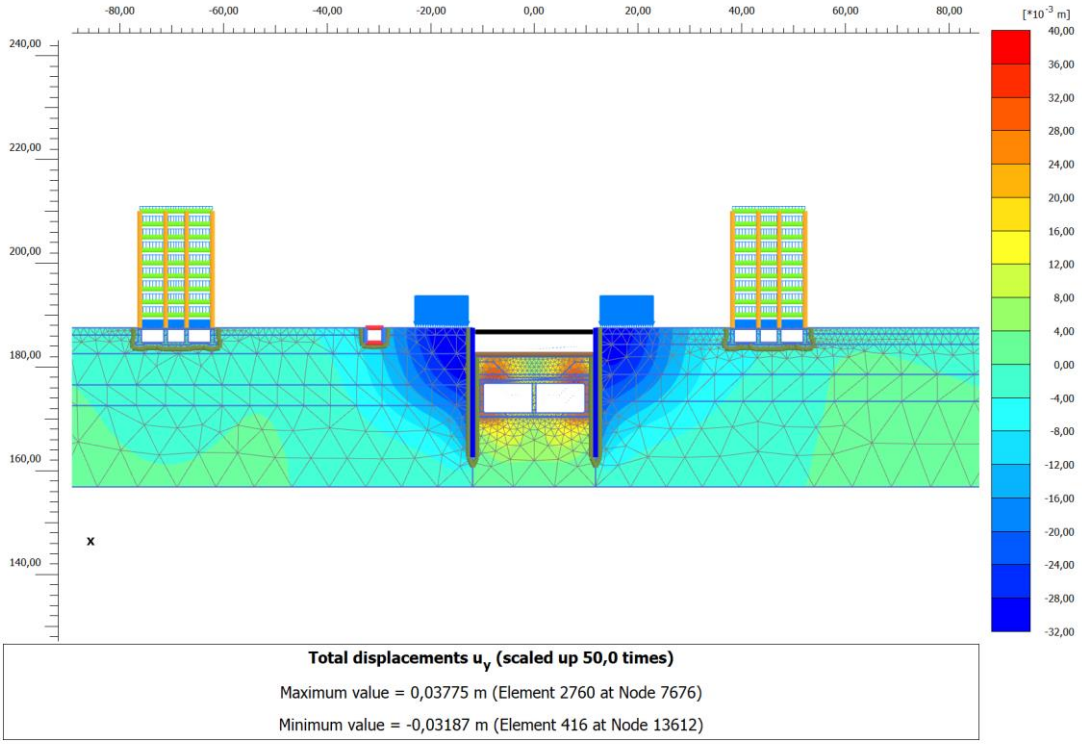


Рисунок Б.59 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе устройства монолитных конструкций монтажно-щитовой камеры, а также демонтаж 3-го яруса распорной системы и обратного хода засыпки котлована

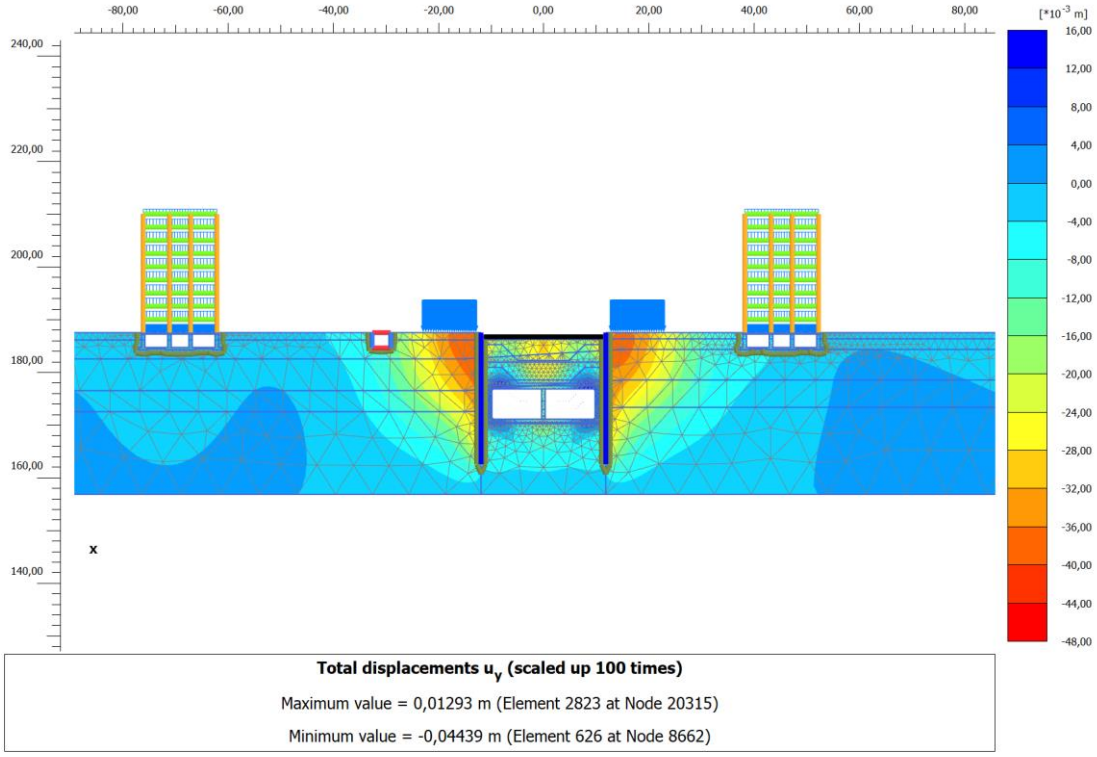


Рисунок Б.60 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе демонтажа 2-го яруса распорной системы и обратного хода засыпки котлована

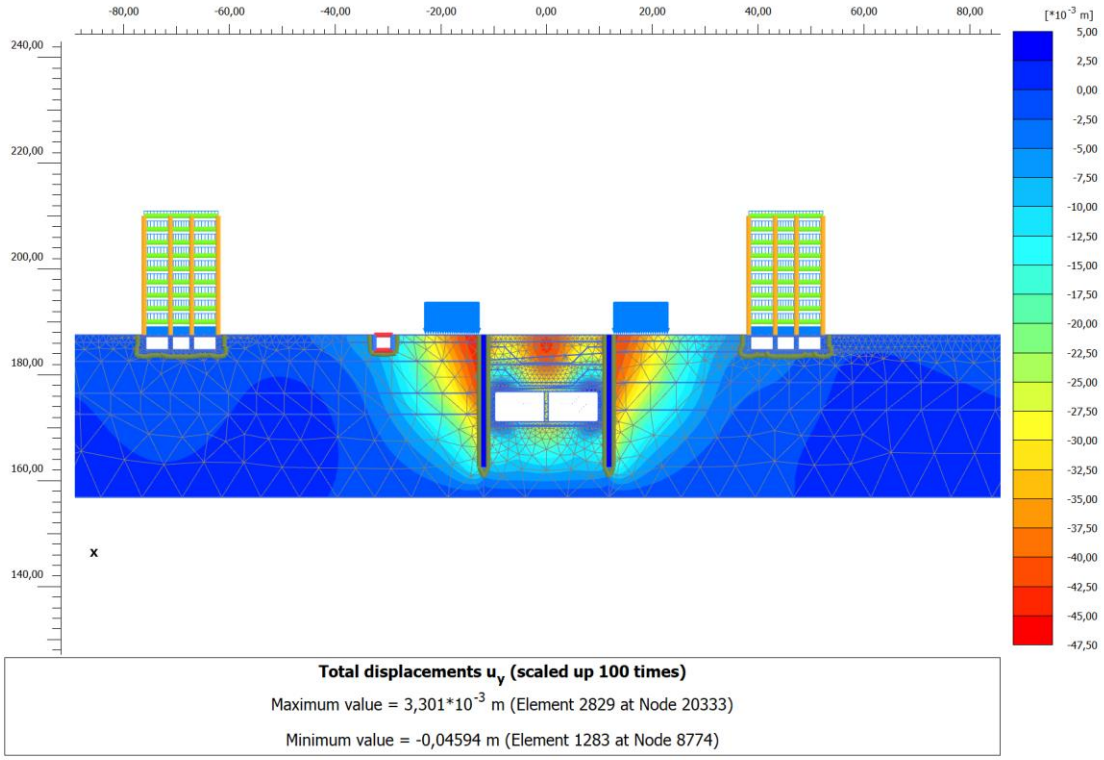


Рисунок Б.61 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе демонтажа 1-го яруса распорной системы и обратного хода засыпки котлована

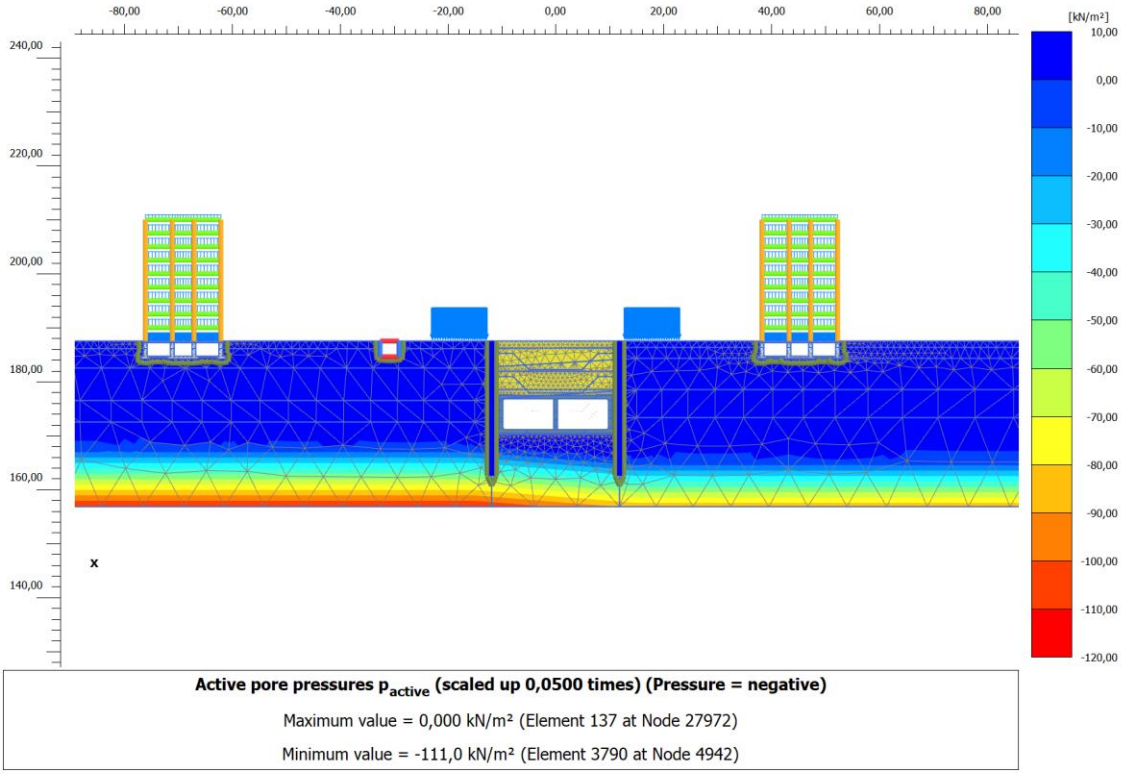


Рисунок Б.62 Изолинии гидростатического порового давления на фазе устройства монолитных конструкций и обратной засыпки котлована

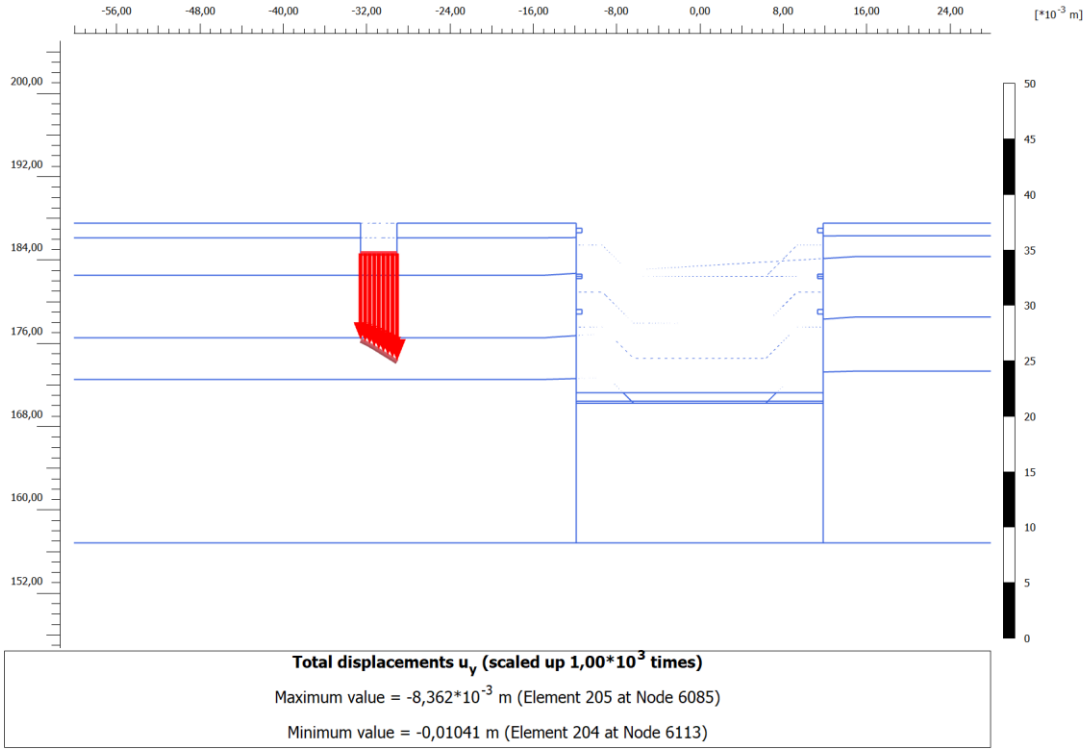


Рисунок Б.63 Эпюра дополнительных вертикальных перемещений эксплуатируемого кабельного коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

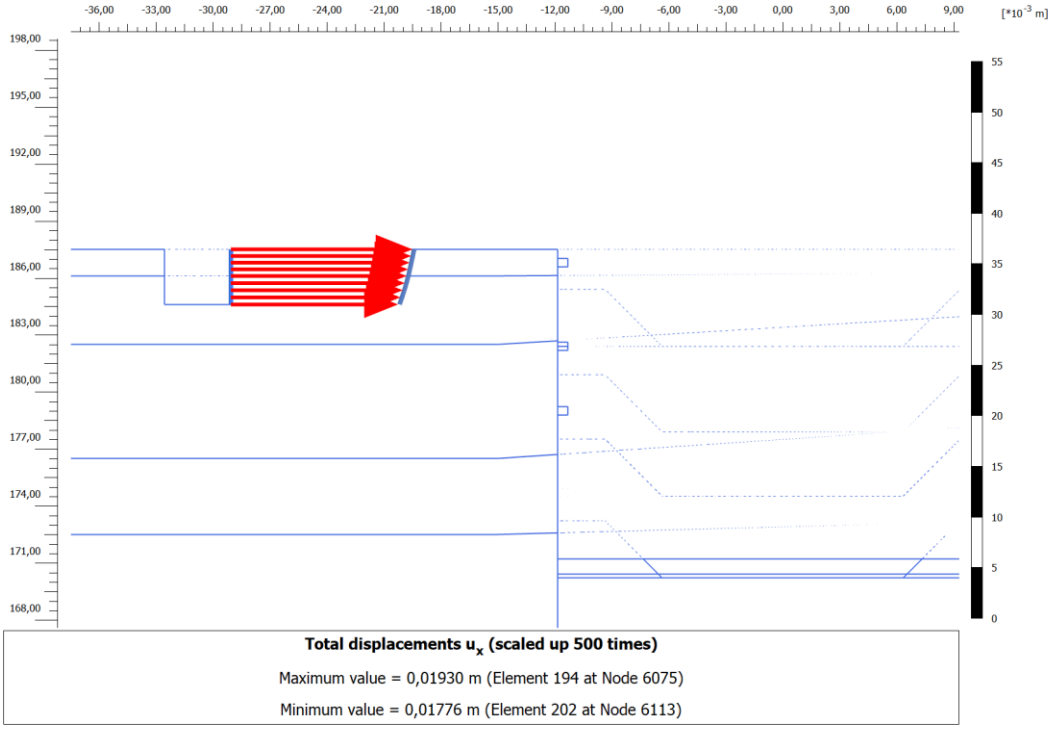


Рисунок Б.64 Эпюра дополнительных горизонтальных перемещений эксплуатируемого кабельного коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

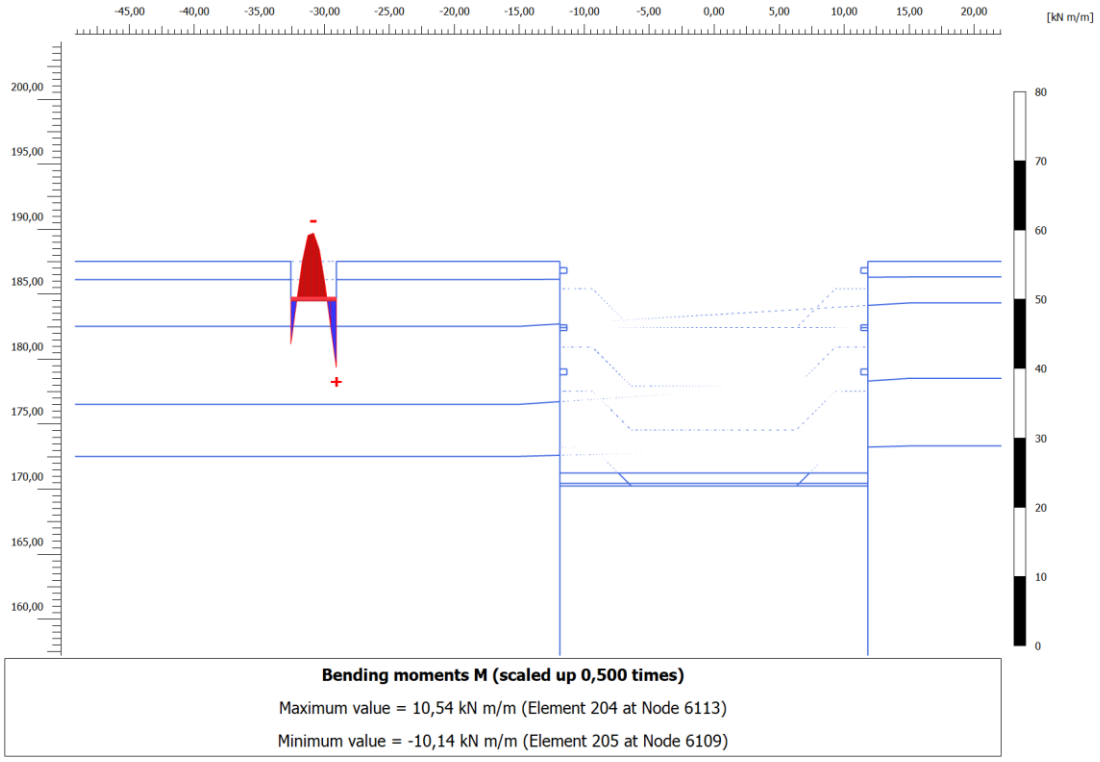


Рисунок Б.65 Эпюра изгибающих моментов лотковой плиты коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

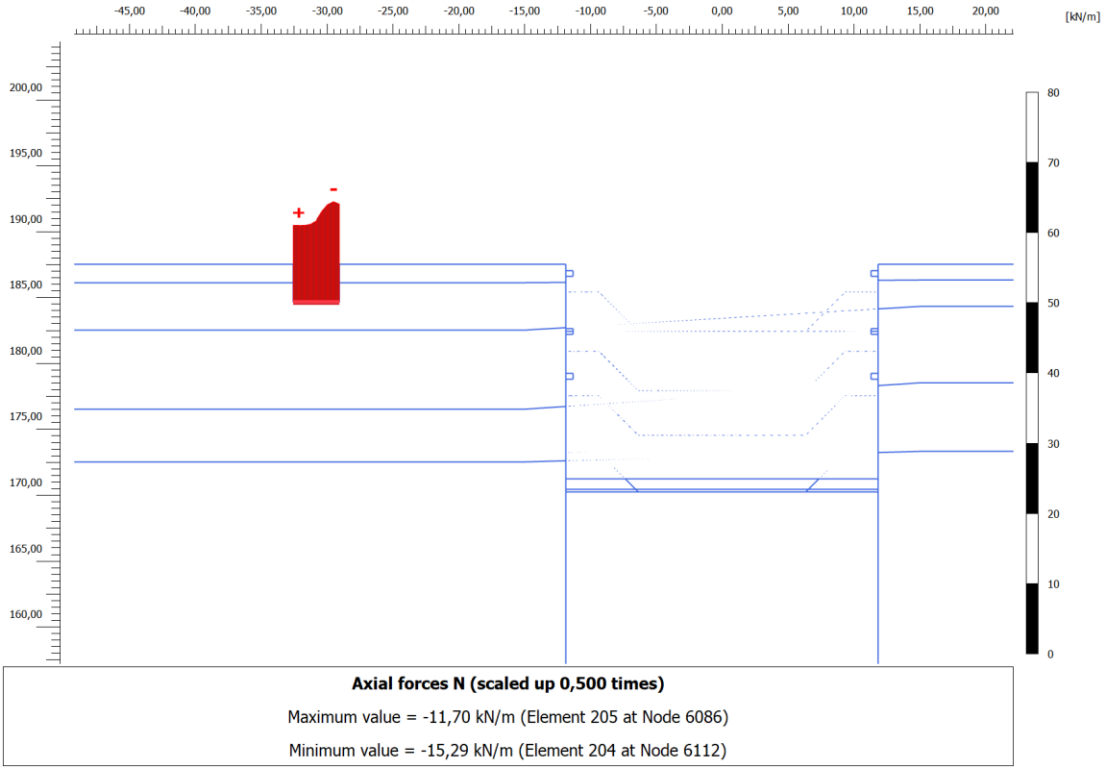


Рисунок Б.66 Эпюра усилий лотковой плиты коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

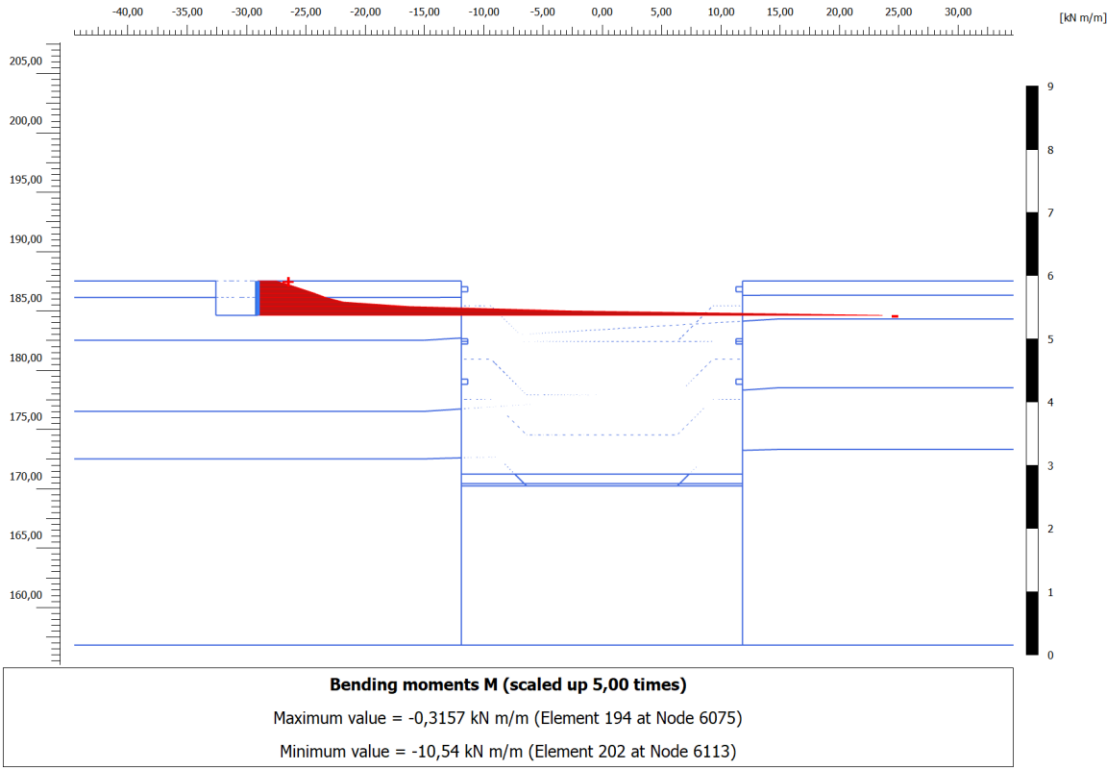


Рисунок Б.67 Эпюра изгибающих моментов стены коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

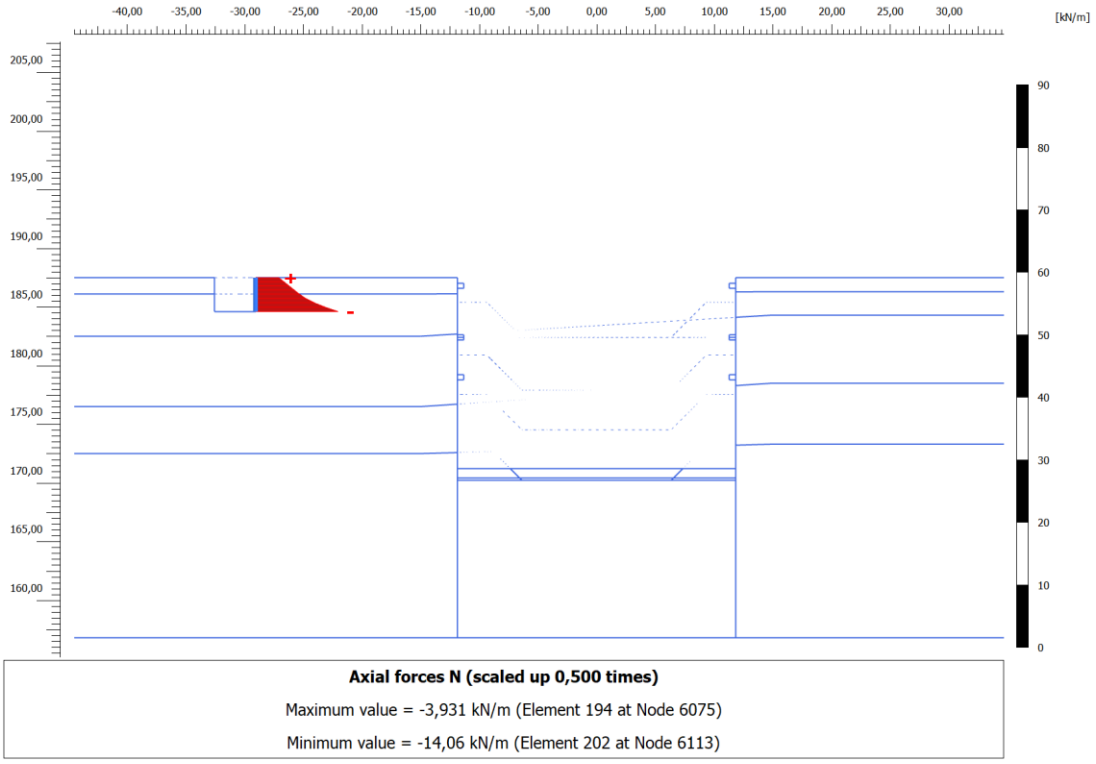


Рисунок Б.68 Эпюра усилий стены коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

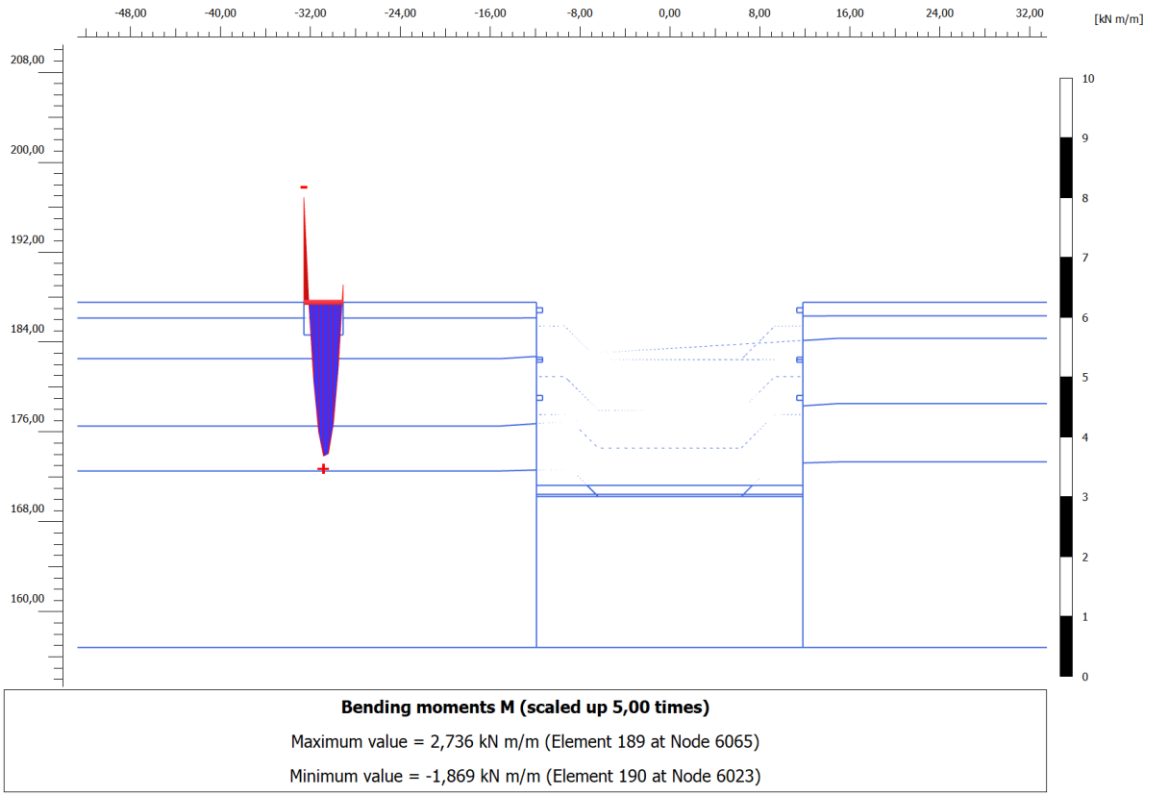


Рисунок Б.69 Эпюра изгибающих моментов покрытия коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

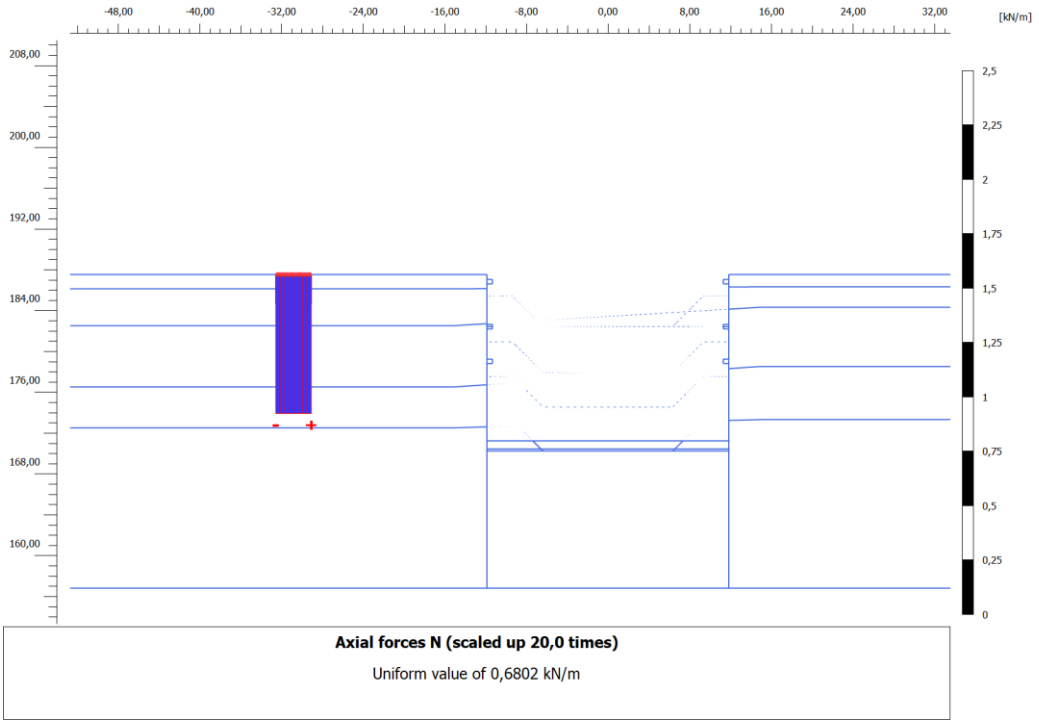


Рисунок Б.70 Эпюра усилий покрытия коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

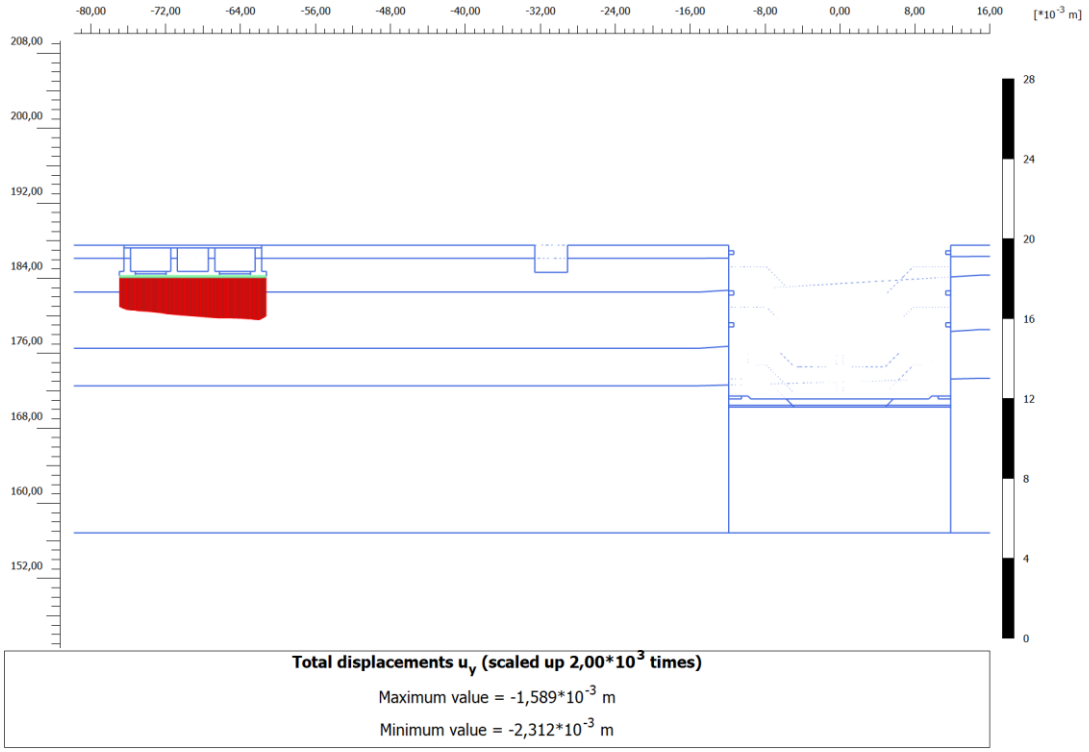


Рисунок Б.71 Эпюра дополнительных вертикальных перемещений здания по адресу: г. Москва, Ленинский проспект дом 74 на этапе снятия 4-го и 5-го яруса распорных креплений и устройства лотка ТПМК)

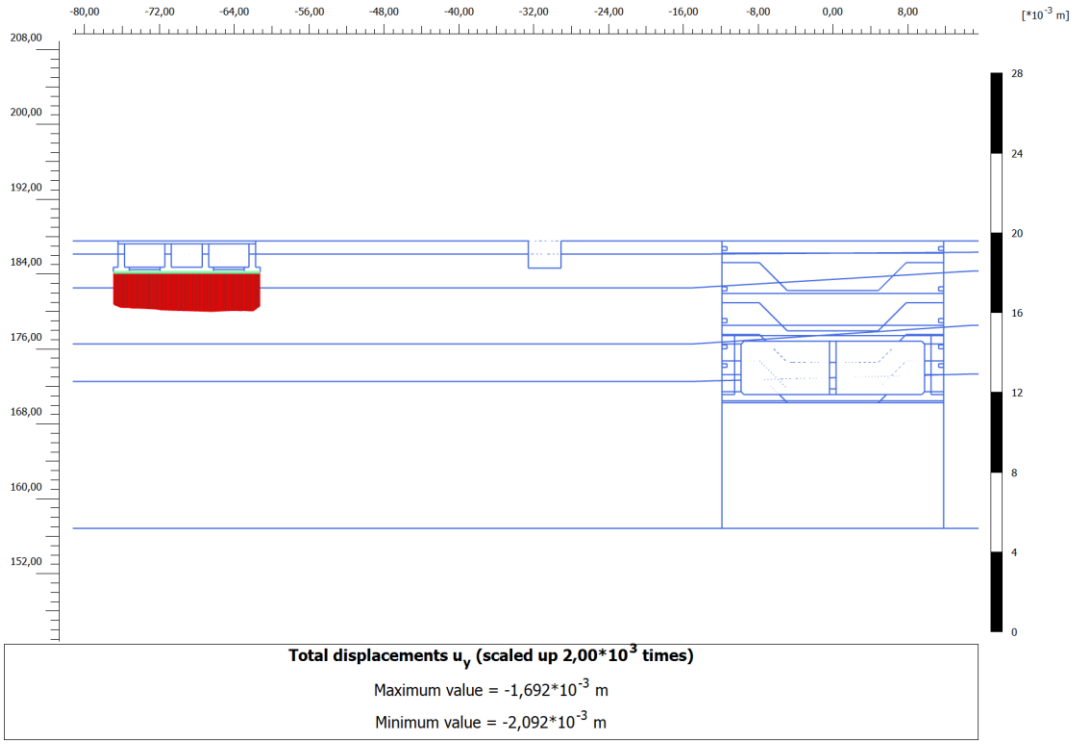


Рисунок Б.72 Эпюра дополнительных вертикальных перемещений здания по адресу: г. Москва, Ленинский проспект дом 74 на этапе снятия распорного крепления 1-го яруса и устройства обратного хода засыпки котлована

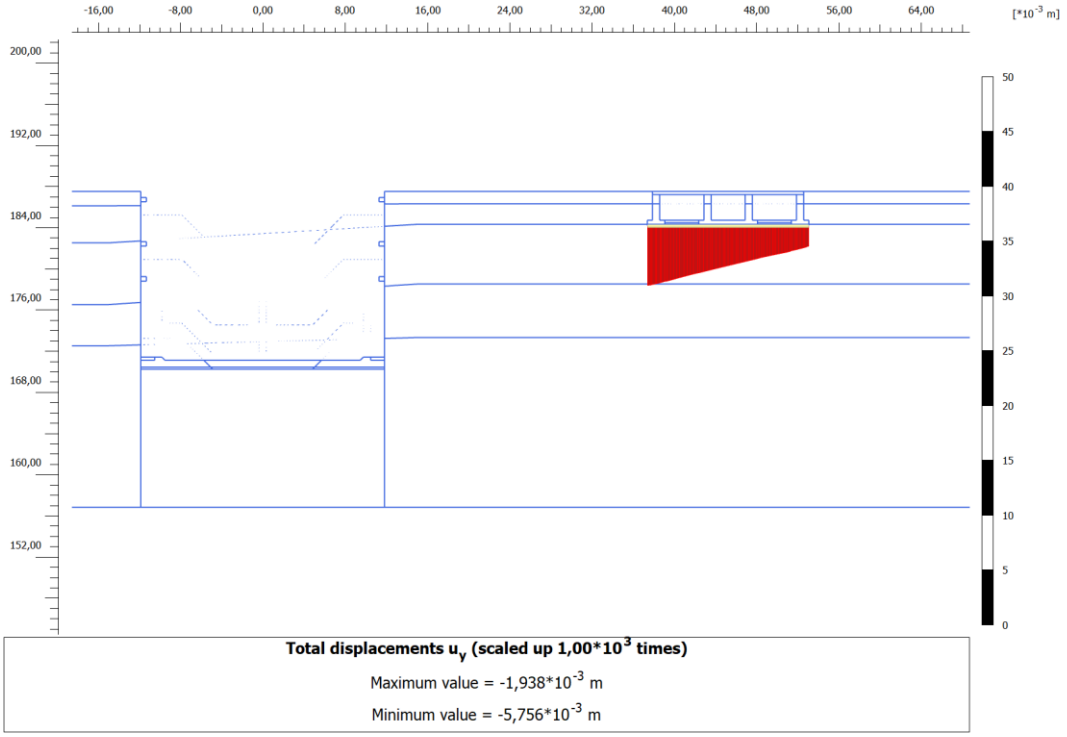


Рисунок Б.73 Эпюра дополнительных вертикальных перемещений по адресу: г. Москва, Ленинский проспект дом 81/2 (на этапе снятия 4-го и 5-го яруса распорных креплений и устройства лотка ТПМК)

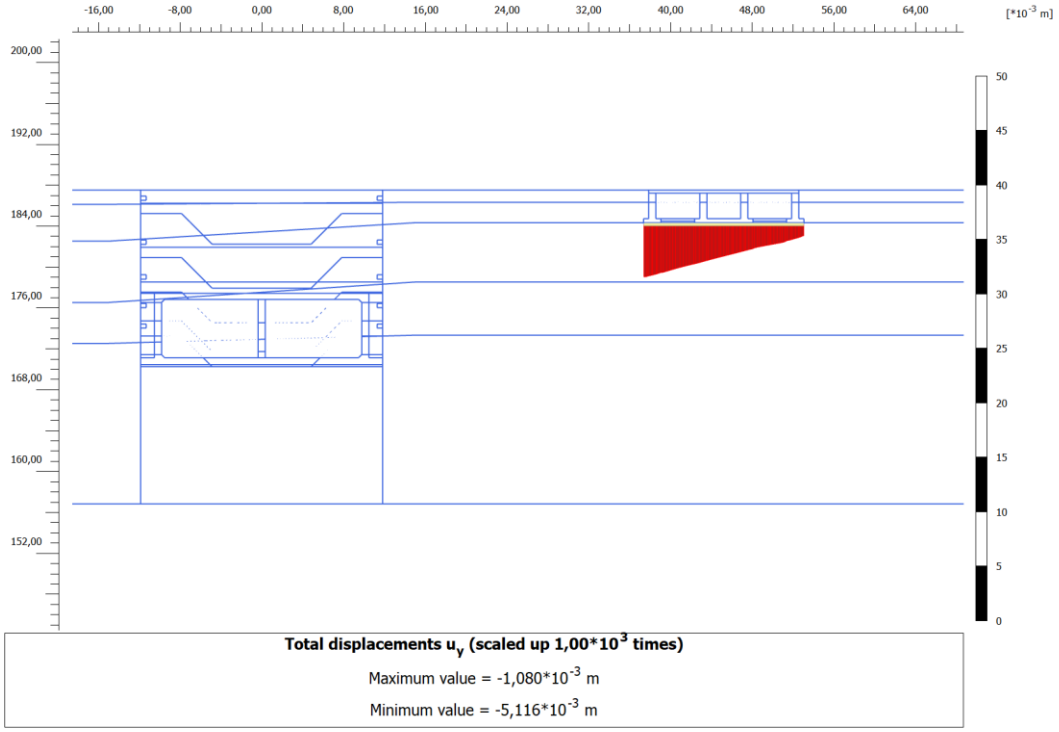


Рисунок Б.74 Эпюра дополнительных вертикальных перемещений по адресу: г. Москва, Ленинский проспект дом 81/2 на этапе снятия распорного крепления 1-го яруса и устройства обратного хода засыпки котлована

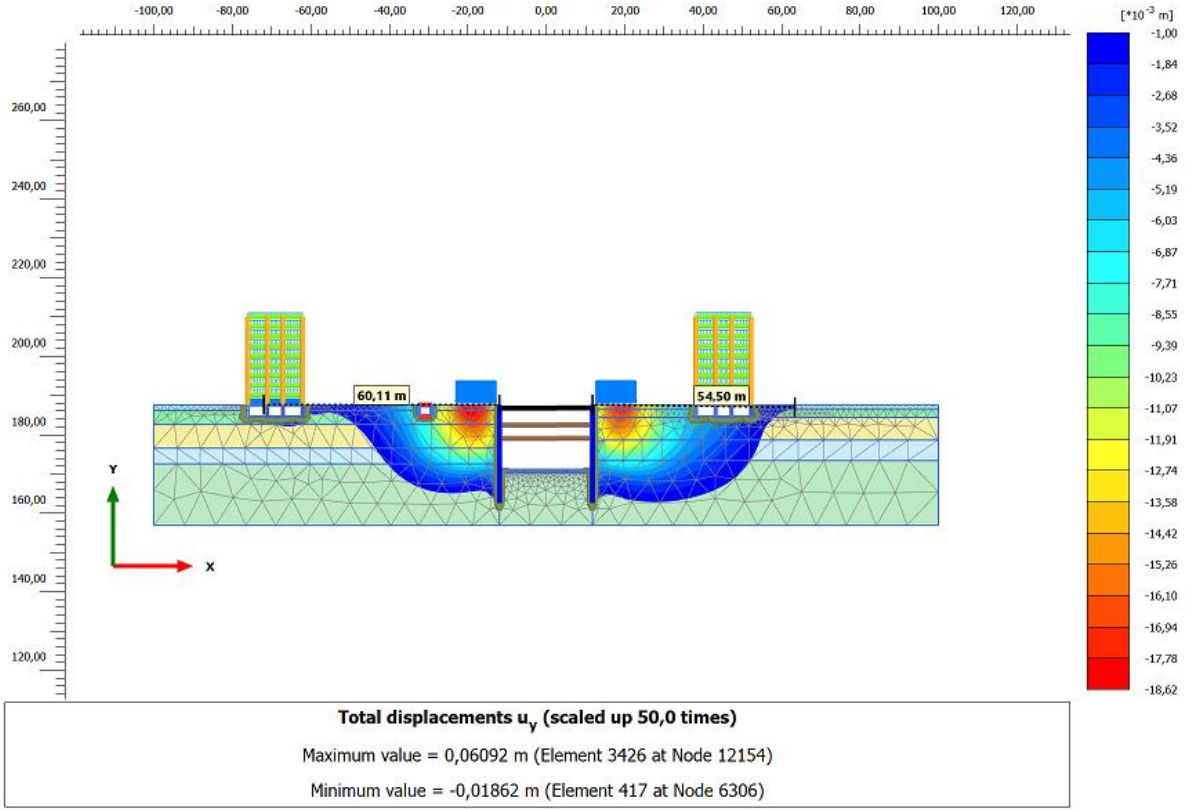


Рисунок Б.75 Изолинии вертикальных перемещений грунтового массива с ограничением в 1 мм. Расчетная зона влияния расчетного сечения 3-3

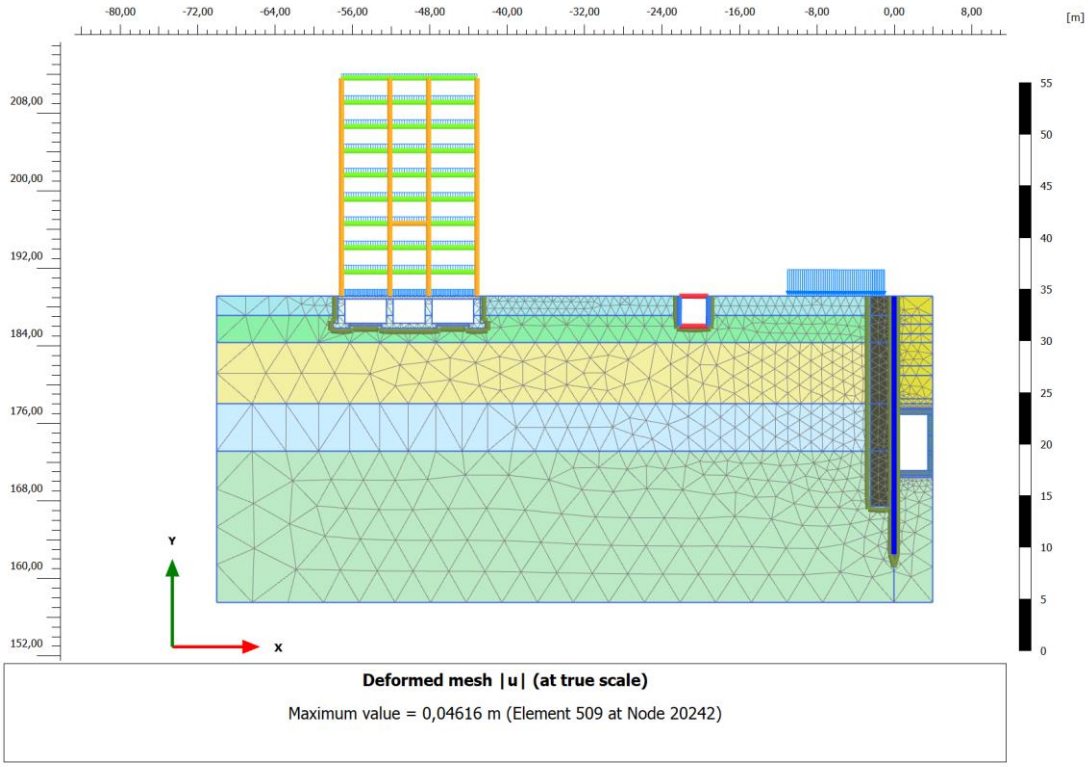


Рисунок Б.76 Расчетное сечение 4-4 замоделированное в ПВК «Plaxis 2D»

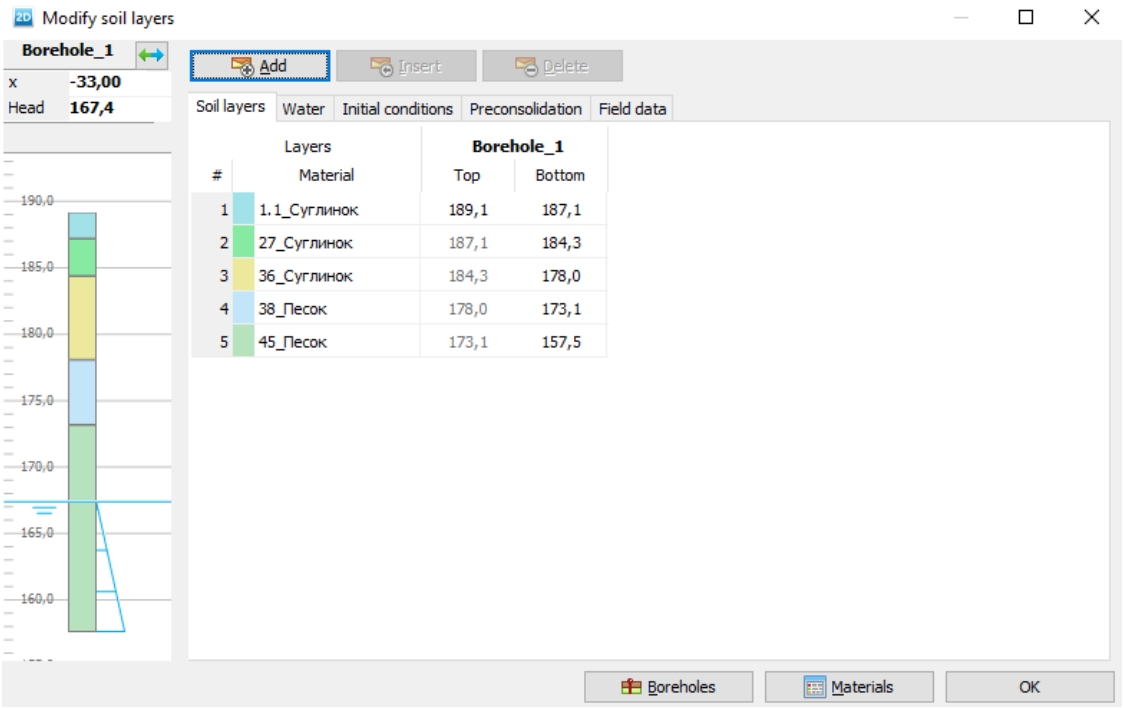


Рисунок Б.77 Скважина №31069 расчетного сечения 4-4, введенная в расчетную модель ПВК «Plaxis 2D»

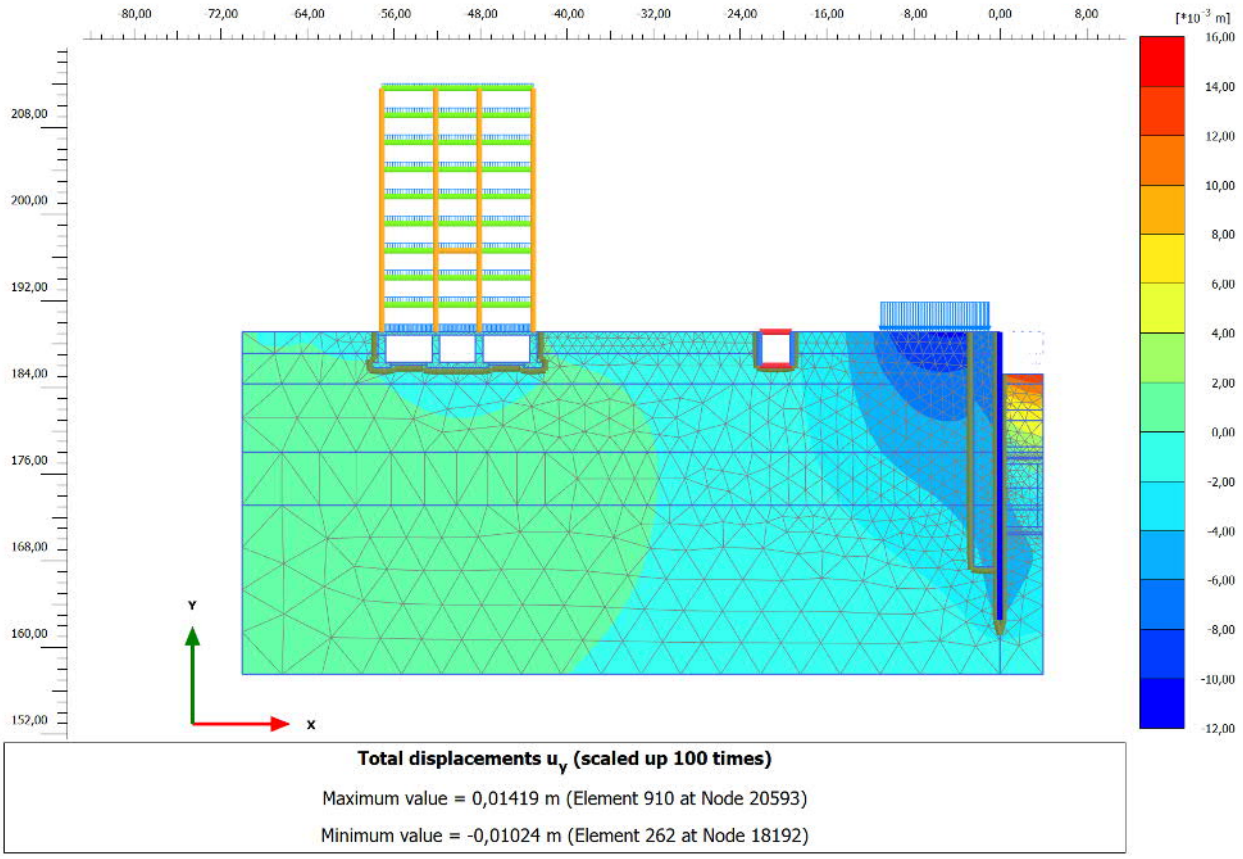


Рисунок Б.78 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 1-го яруса котлована

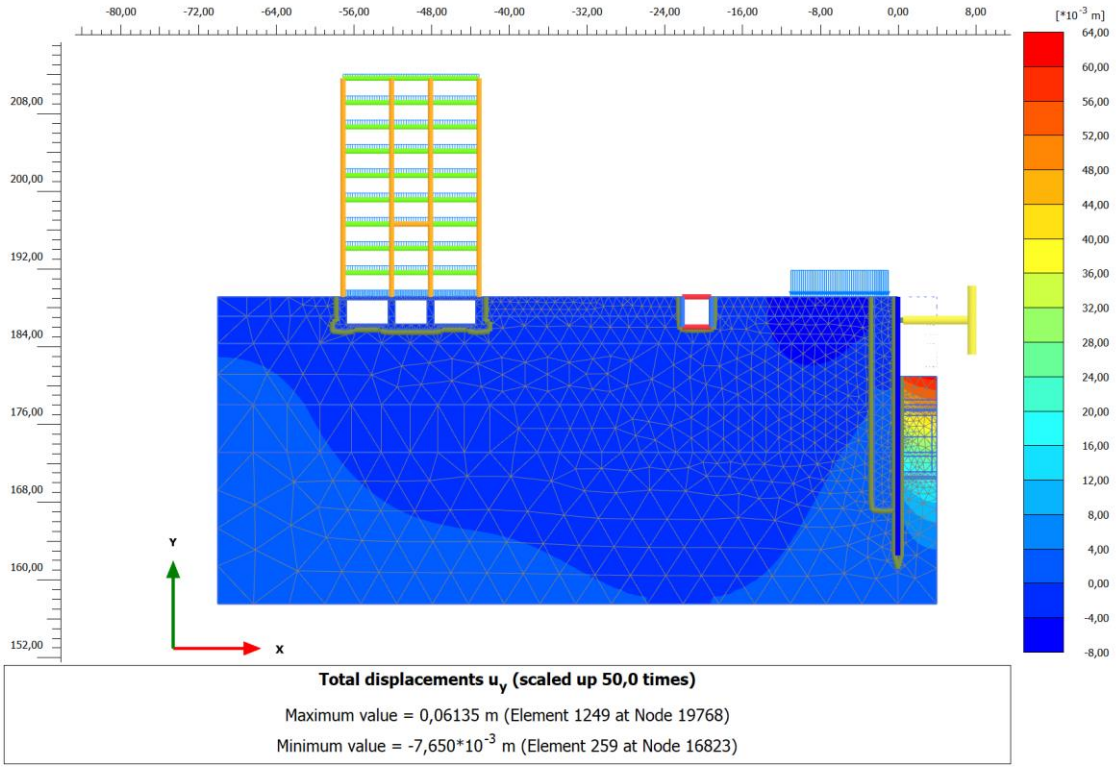


Рисунок Б.79 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 2-го яруса котлована и монтаже 1-го яруса распорной системы

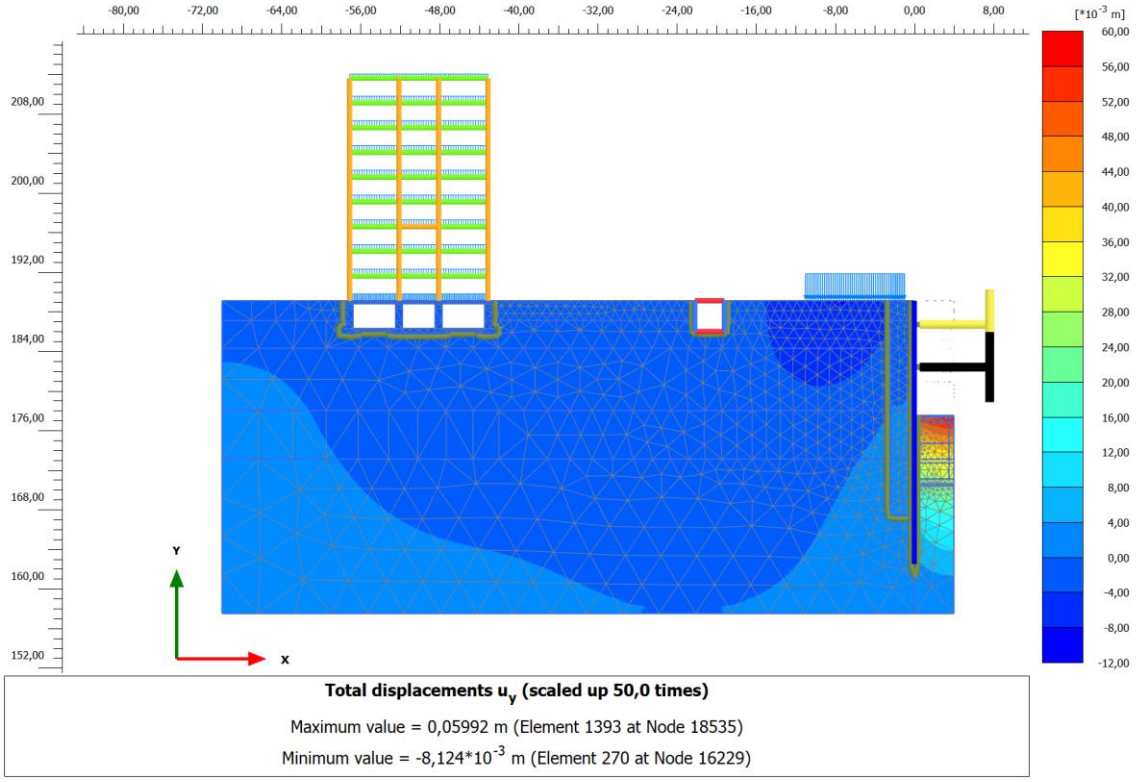


Рисунок Б.80 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 3-го яруса котлована и монтаже 2-го яруса распорной системы

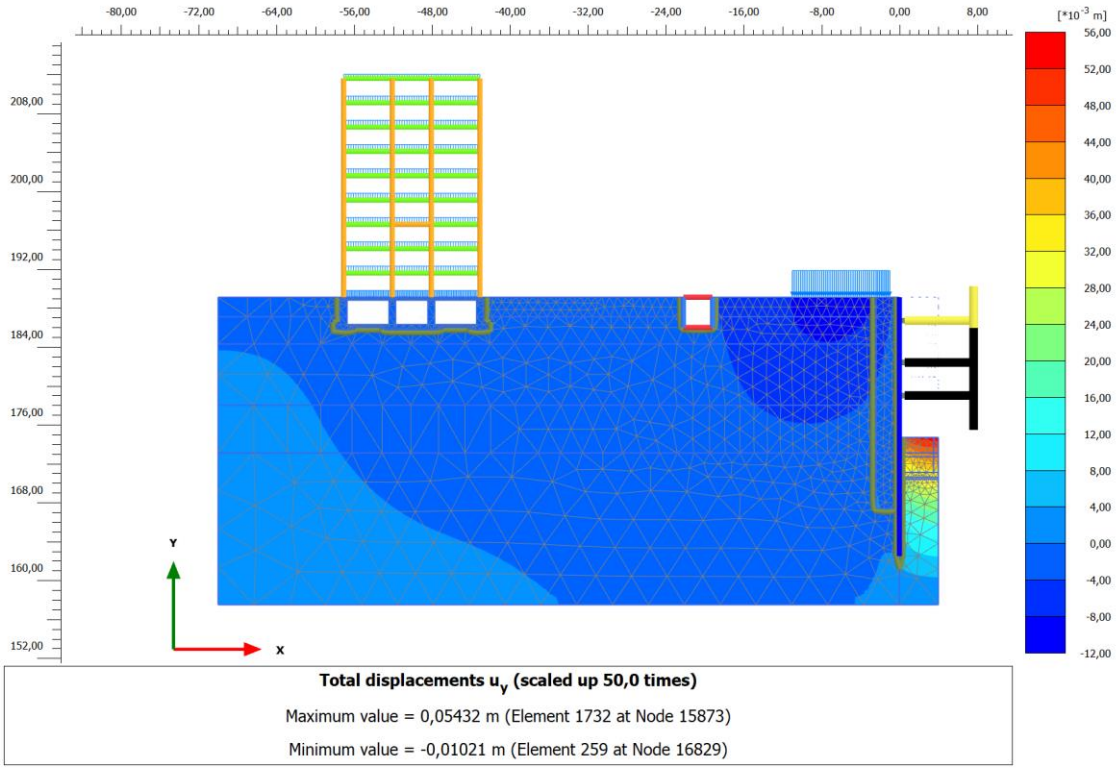


Рисунок Б.81 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 4-го яруса котлована и монтаже 3-го яруса распорной системы

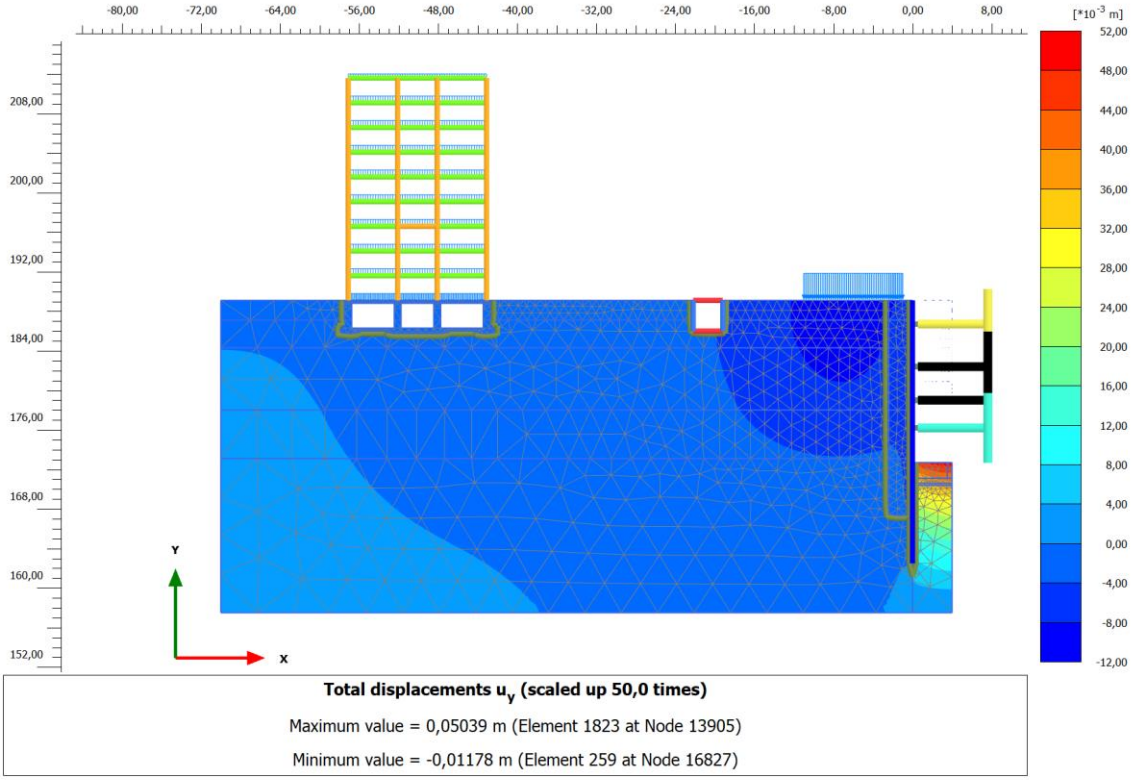


Рисунок Б.82 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 5-го яруса котлована и монтаже 4-го яруса распорной системы

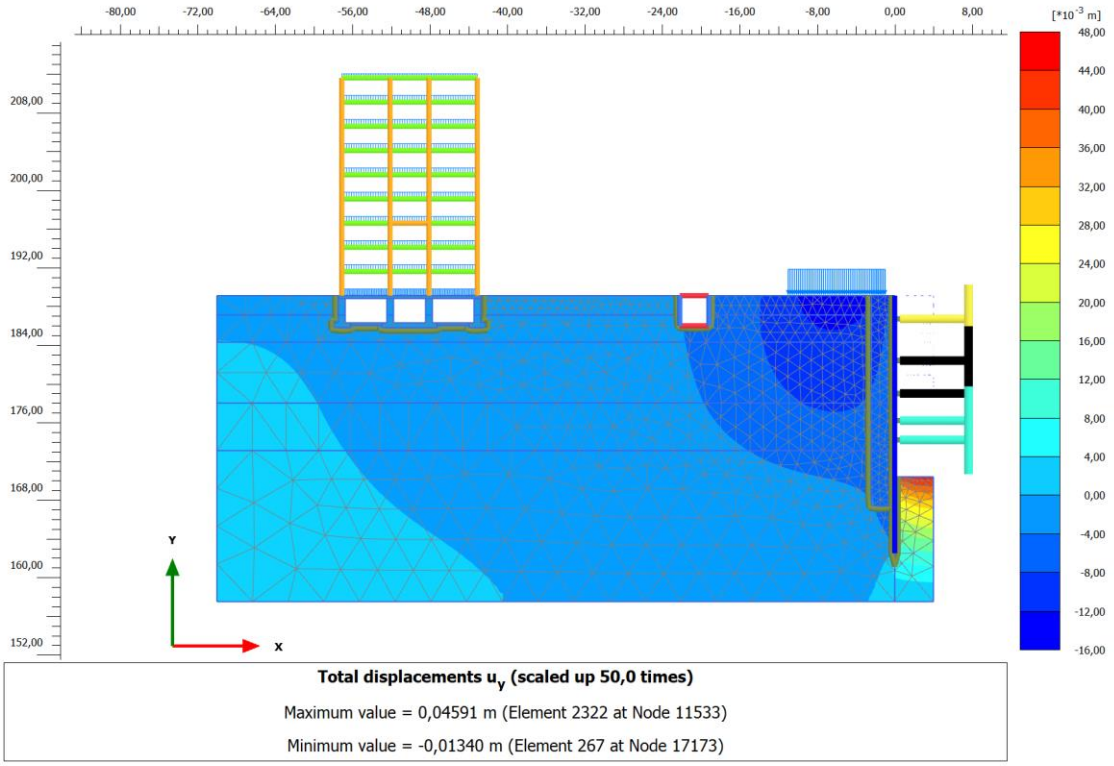


Рисунок Б.83 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе разработке 6-го яруса котлована и монтаже 5-го яруса распорной системы

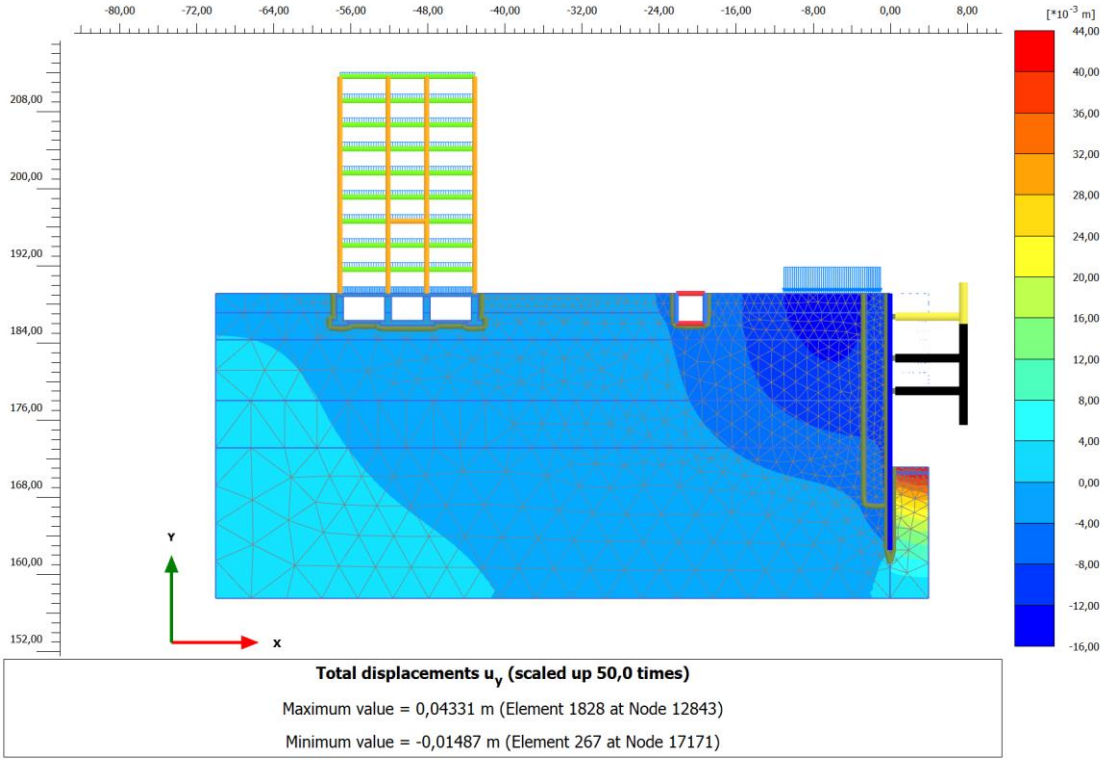


Рисунок Б.84 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го и 5-го яруса распорной системы

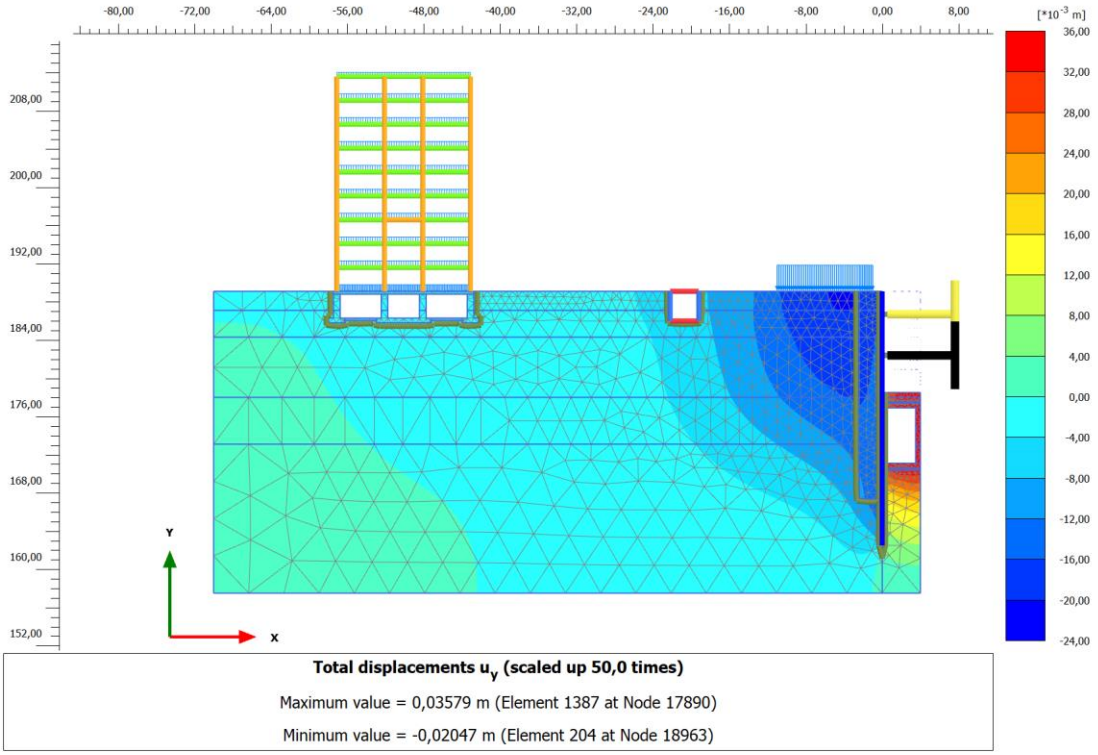


Рисунок Б.85 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе снятия 3-го яруса распорного крепления и обратного хода отсыпки котлована

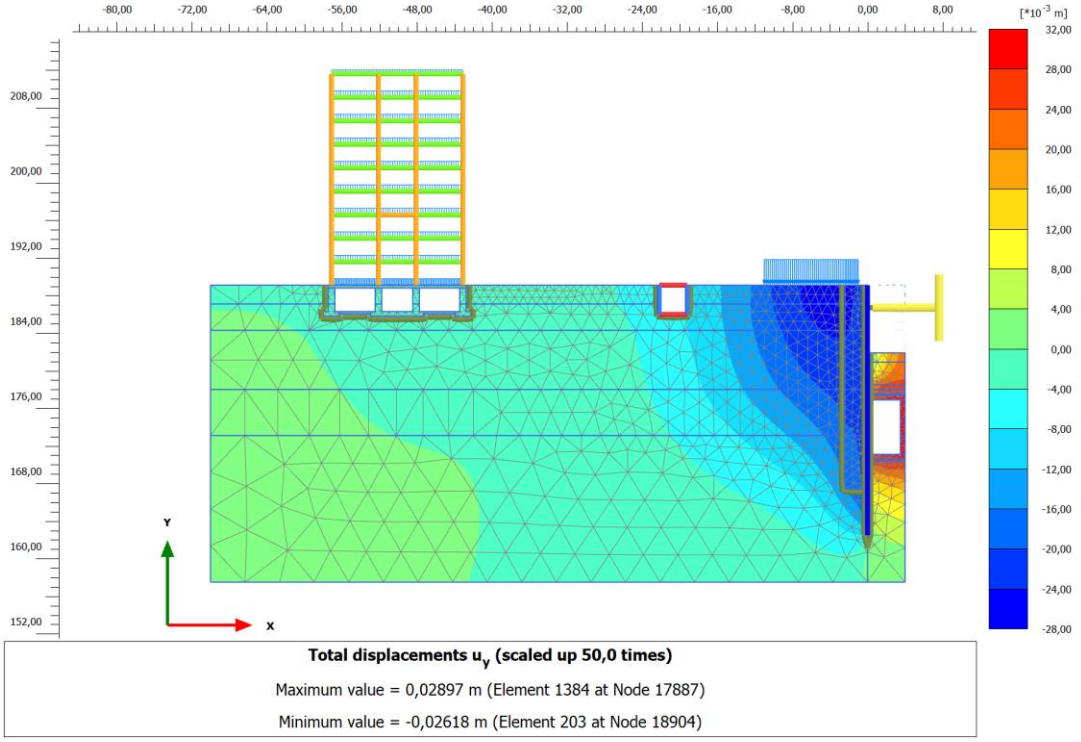


Рисунок Б.86 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе снятия 2-го яруса распорного крепления и обратного хода отсыпки котлована

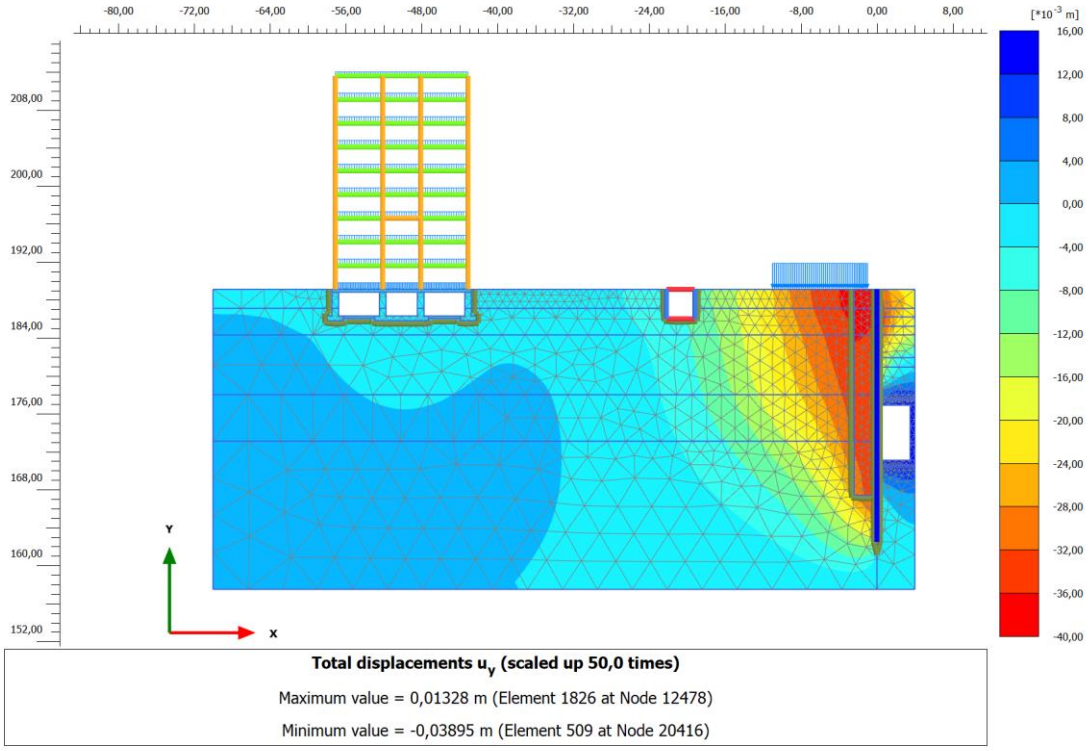


Рисунок Б.87 Изолинии дополнительных вертикальных перемещений грунтового массива на этапе снятия 1-го яруса распорного крепления и обратного хода отсыпки котлована

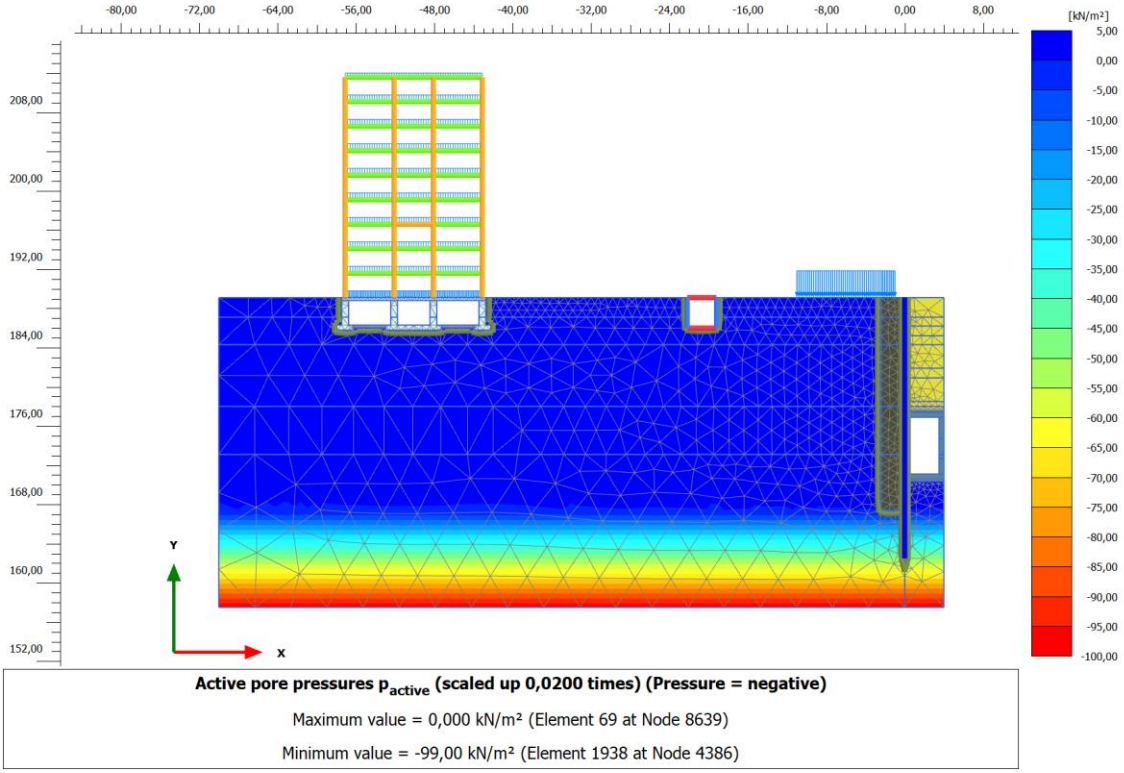


Рисунок Б.88 Изолинии гидростатического порового давления на фазе устройства монолитных конструкций и полной обратной отсыпки котлована

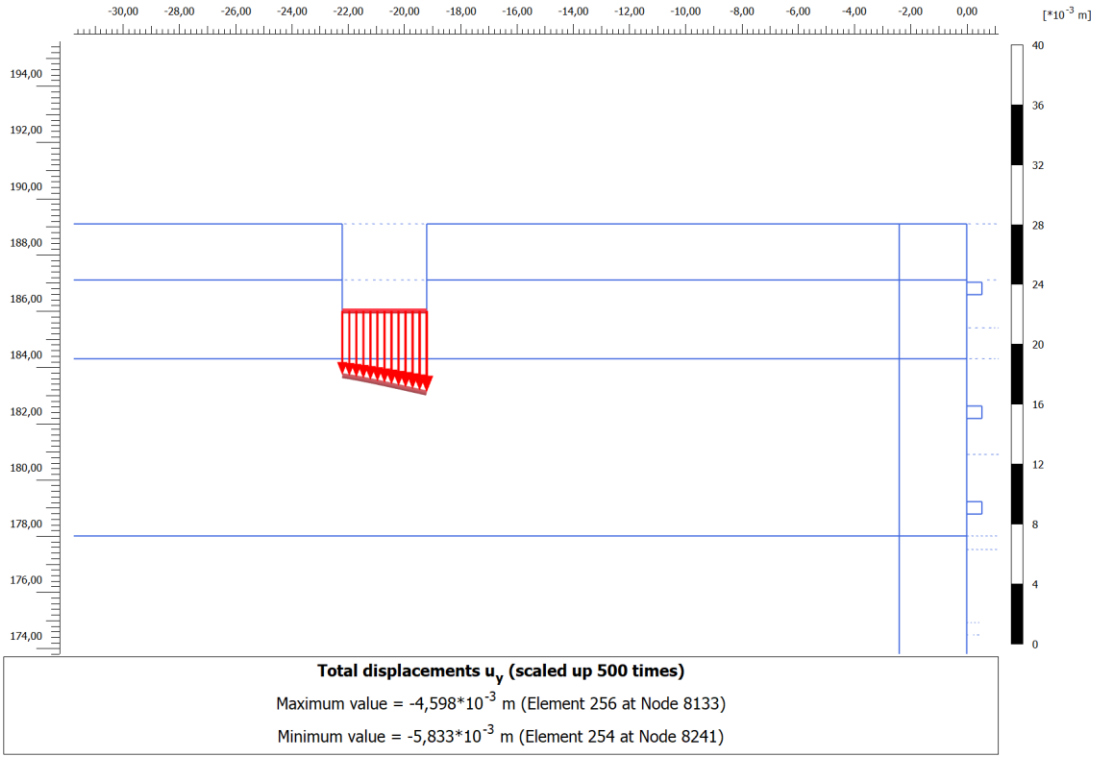


Рисунок Б.89 Эпюра дополнительных вертикальных перемещений эксплуатируемого кабельного коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го яруса распорной системы

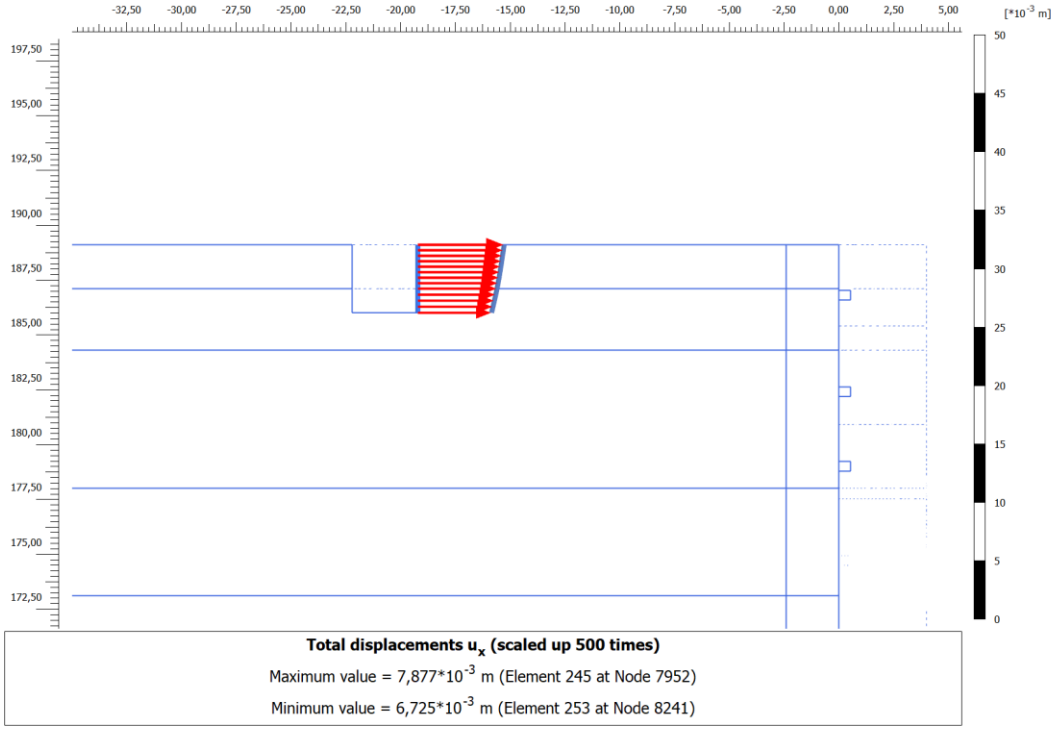


Рисунок Б.90 Эпюра дополнительных горизонтальных перемещений эксплуатируемого кабельного коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го яруса распорной системы

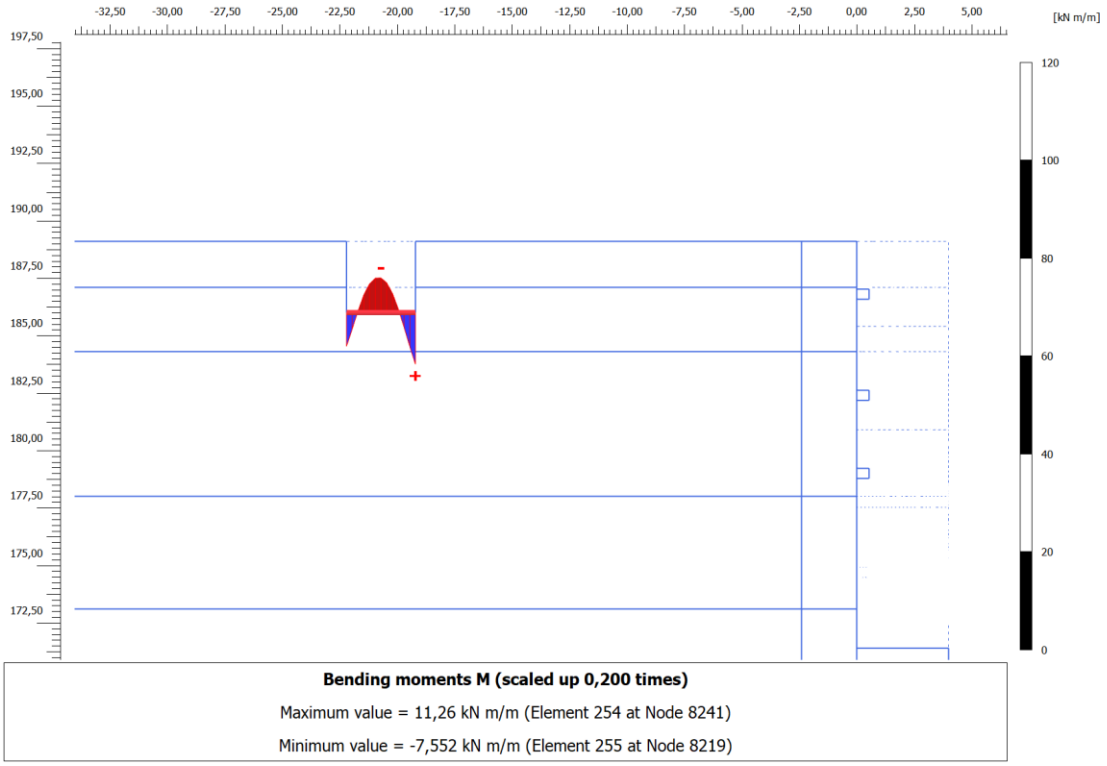


Рисунок Б.91 Эпюра изгибающих моментов лотковой плиты коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го яруса распорной системы

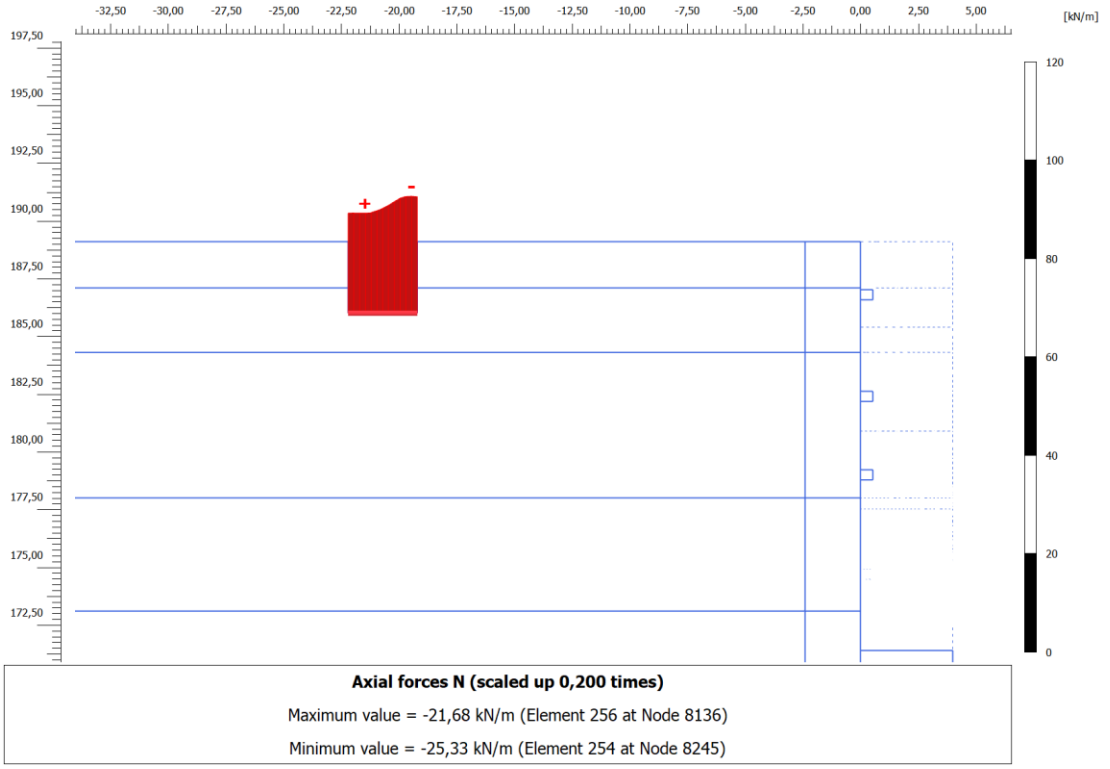


Рисунок Б.92 Эпюра усилий лотковой плиты коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го яруса распорной системы

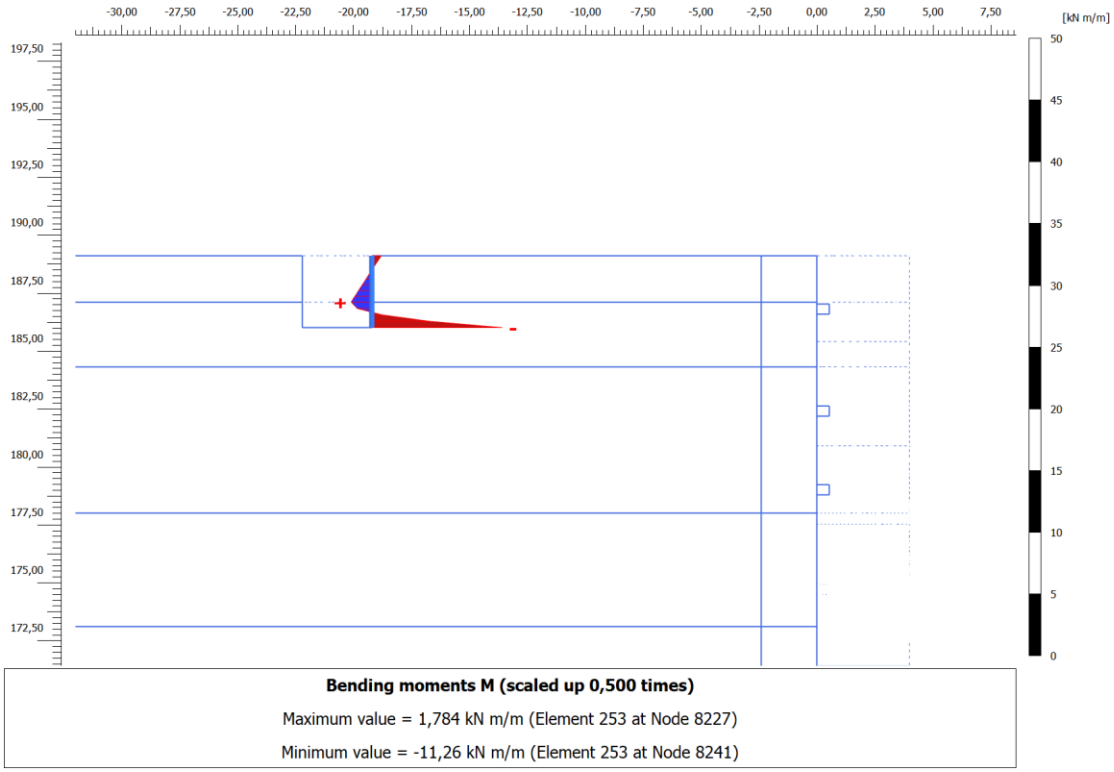


Рисунок Б.93 Эпюра изгибающих моментов стены коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го яруса распорной системы

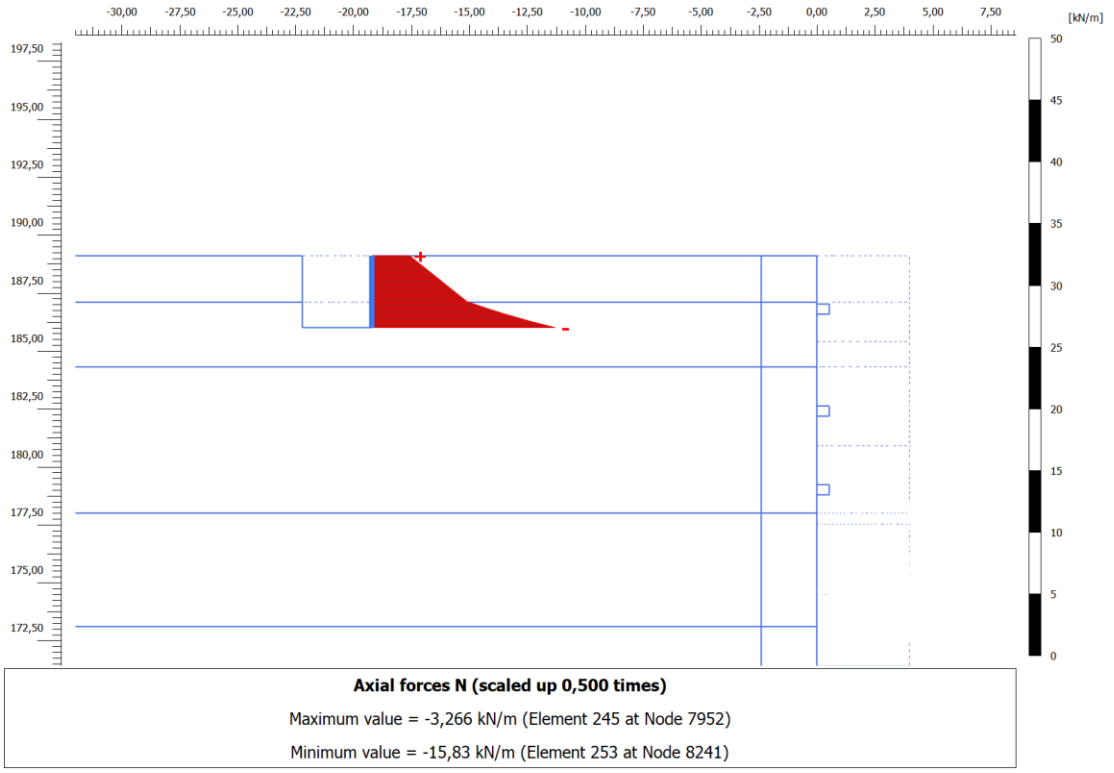


Рисунок Б.94 Эпюра усилий стены коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го яруса распорной системы

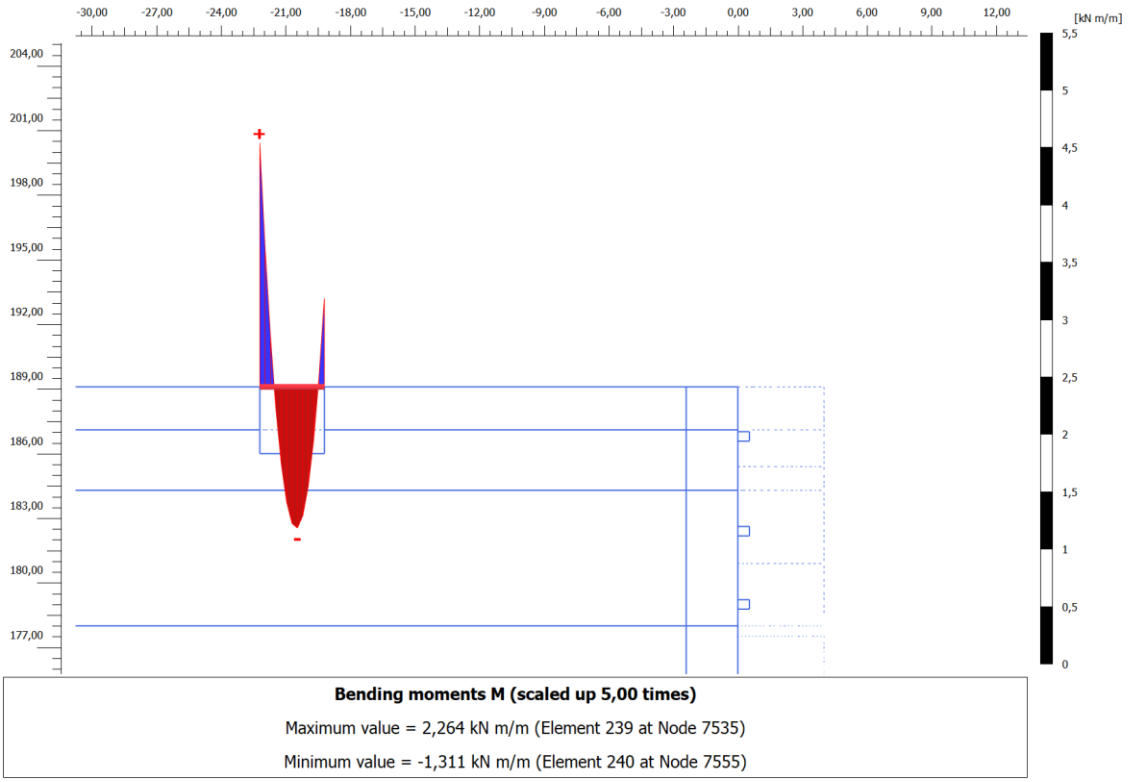


Рисунок Б.95 Эпюра изгибающих моментов покрытия коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го яруса распорной системы

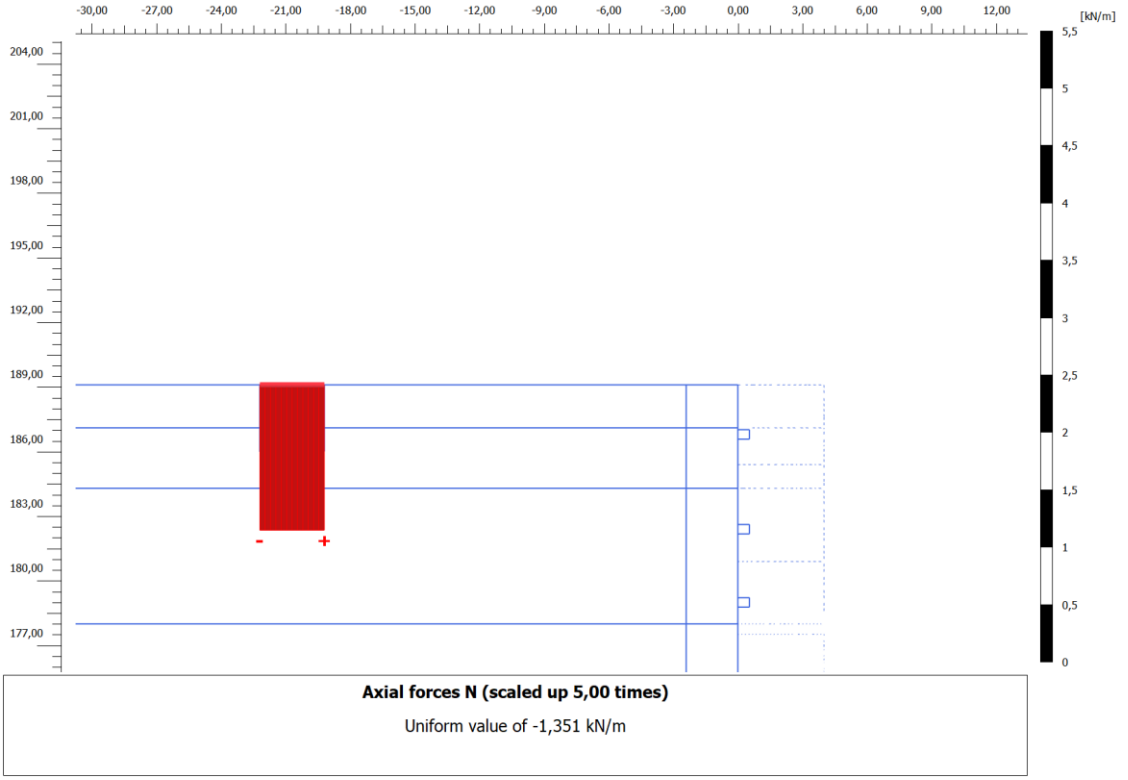


Рисунок Б.96 Эпюра усилий покрытия коллектора на стадии устройства лотковой плиты ТПМК и демонтажа 4-го яруса распорной системы

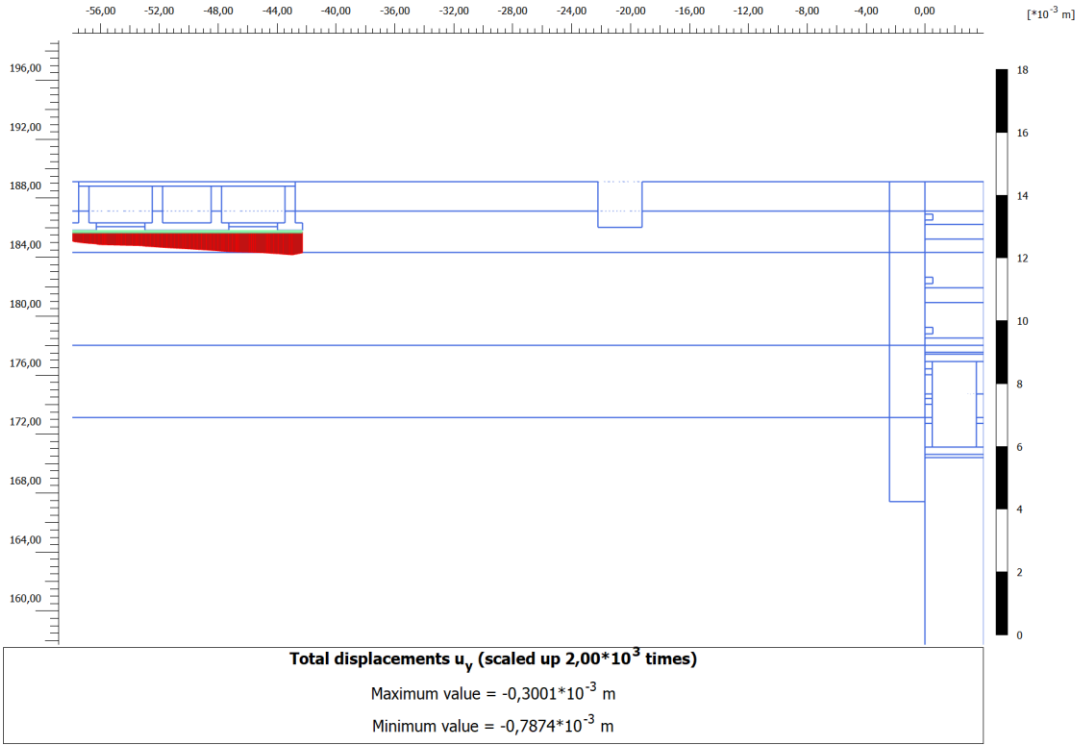


Рисунок Б.97 Эпюра дополнительных вертикальных перемещений зданий по адресу: г. Москва, Ленинский проспект 83 на этапе полного хода обратной отсыпки котлована монтажно-щитовой камеры

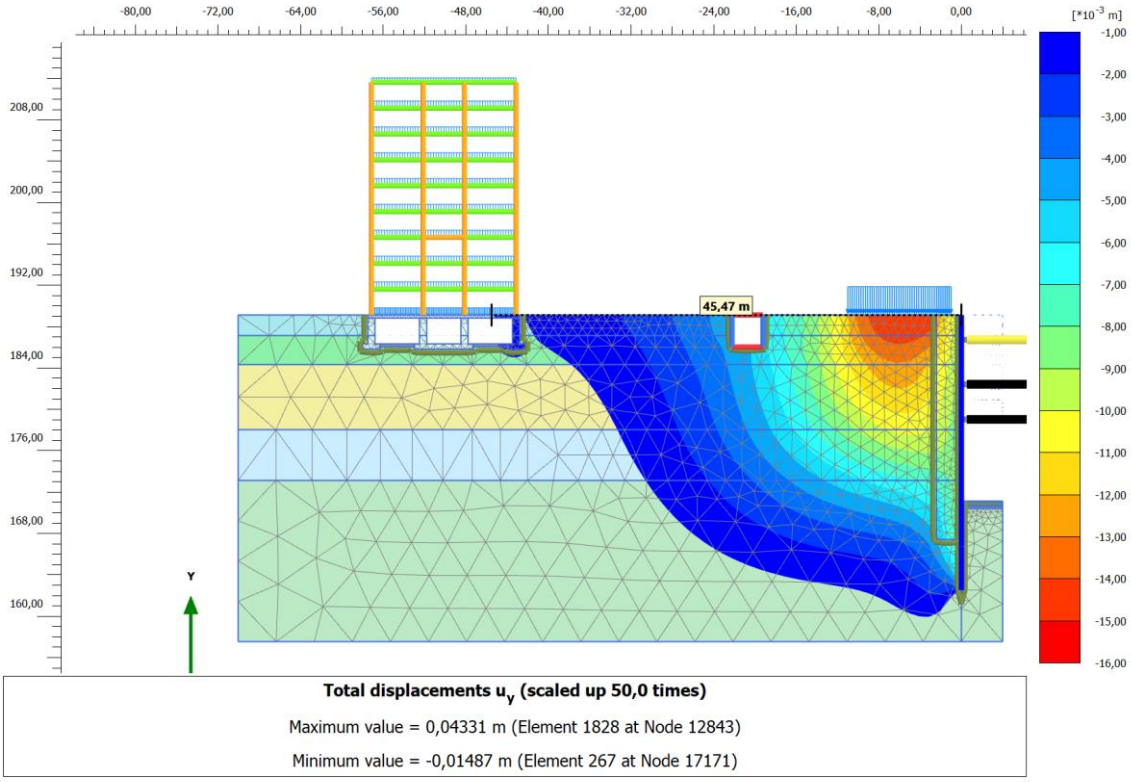


Рисунок Б.98 Изолинии вертикальных перемещений грунтового массива с ограничением в 1 мм. Расчетная зона влияния расчетного сечения 4-4

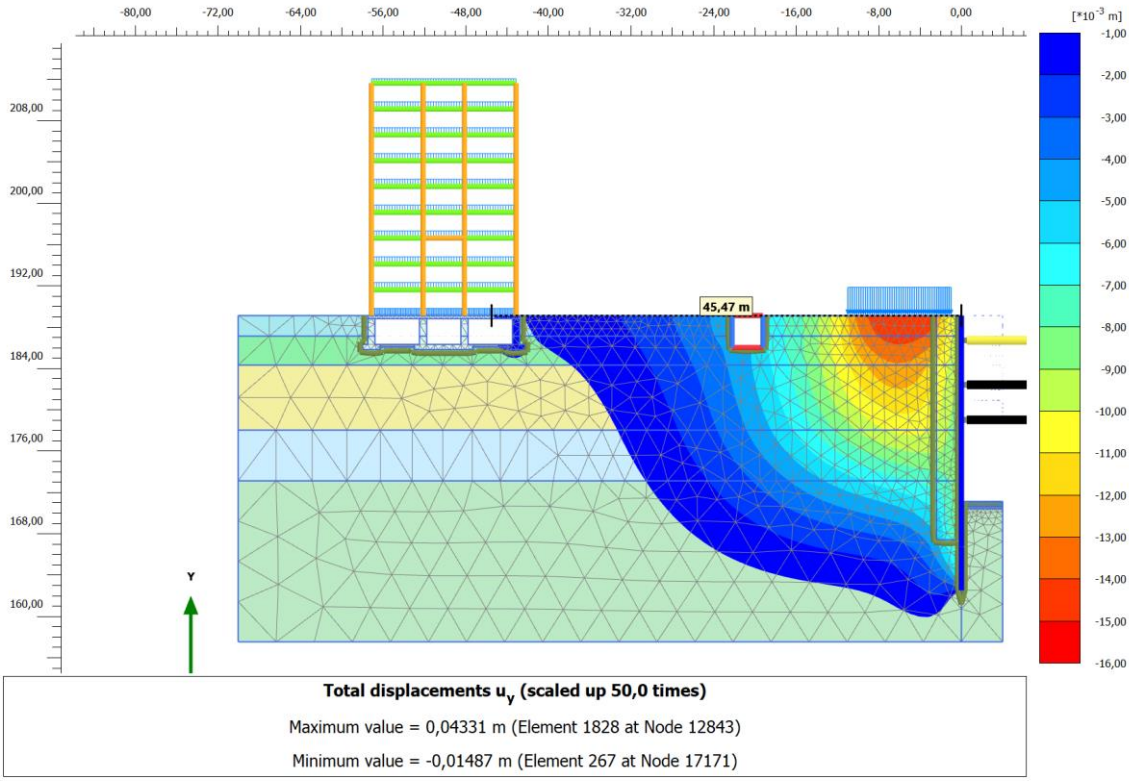


Рисунок Б.99 Изолинии вертикальных перемещений грунтового массива с ограничением в 1 мм. Расчетная зона влияния расчетного сечения 4-4

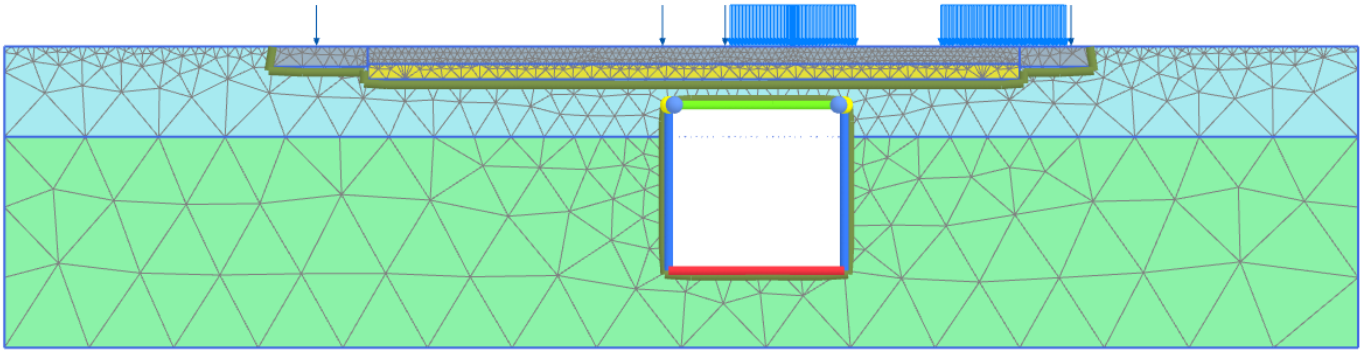


Рисунок Б.100 Расчетное сечение 5-5 замоделированная в ПВК «Plaxis 2D» (1-й вариант загружения)

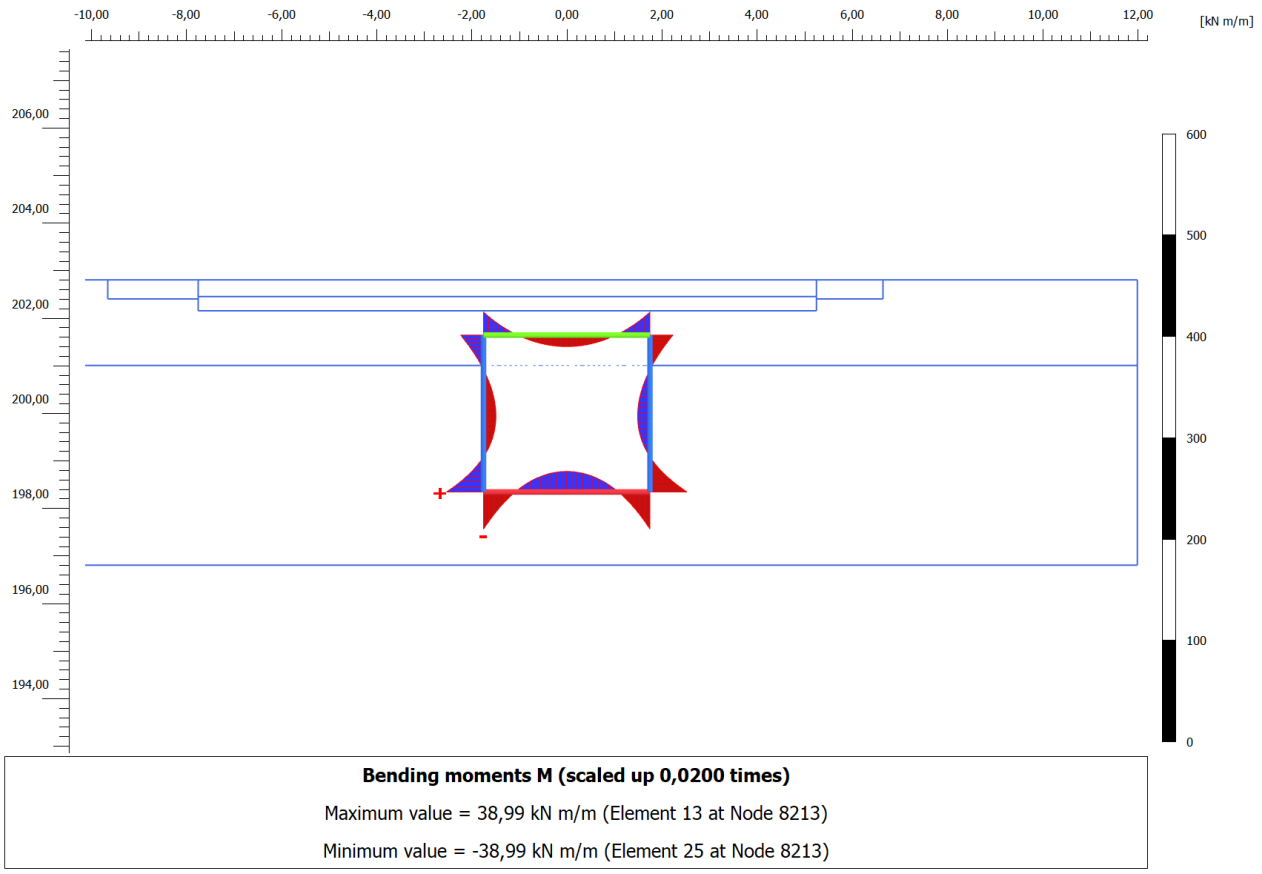


Рисунок Б.101 Эпюра изгибающих моментов в конструкциях коллектора до устройства технологической дороги

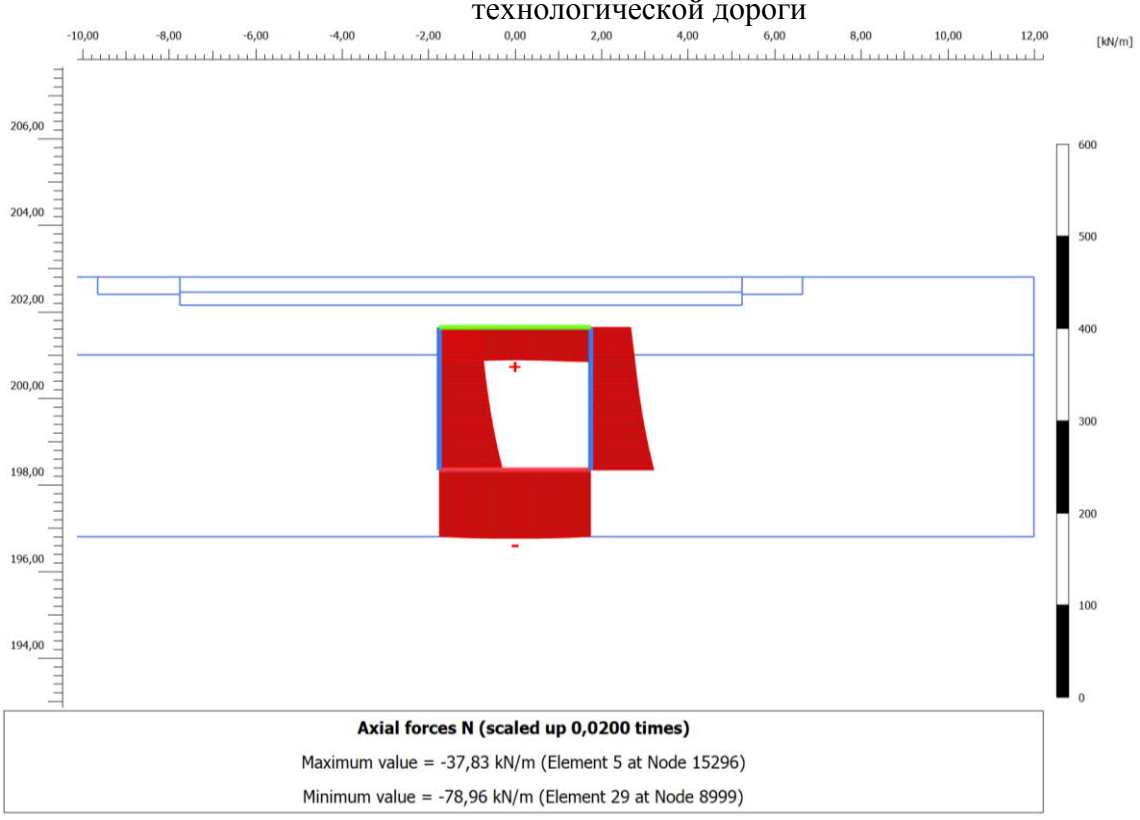


Рисунок Б.102 Продольные усилия в конструкциях коллектора до устройства технологической дороги

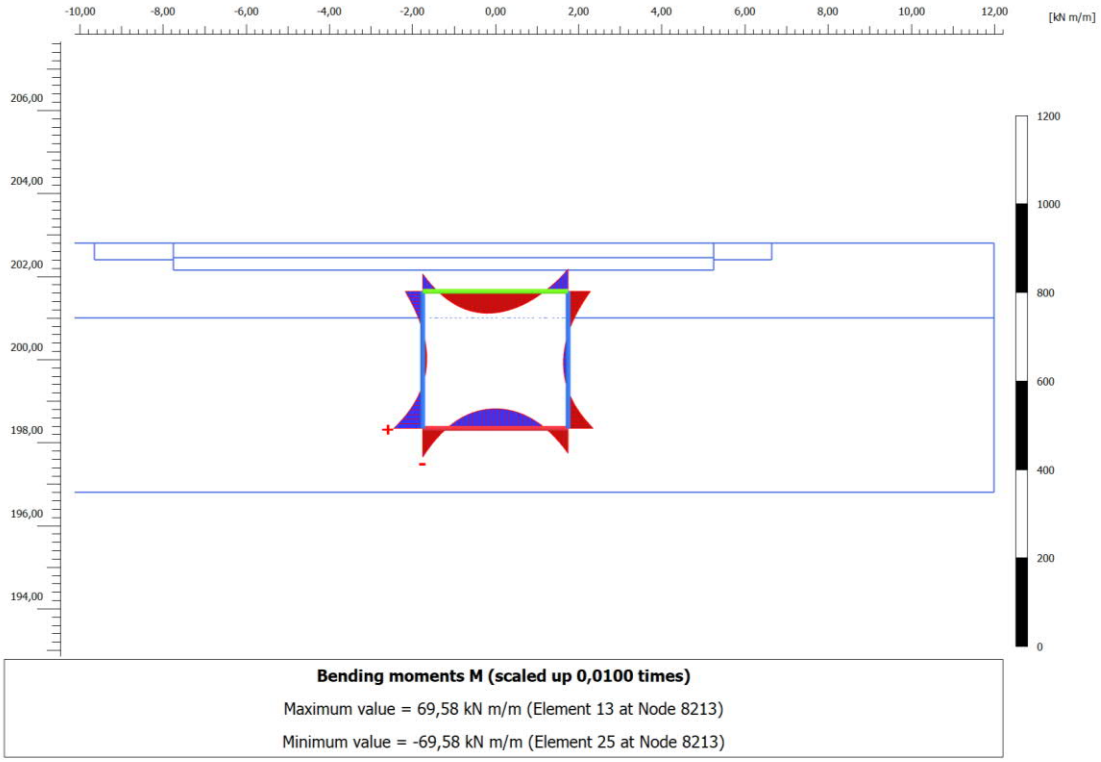


Рисунок Б.103 Эпюра изгибающих моментов в конструкциях коллектора после устройства технологической дороги (1-й вариант нагружения)

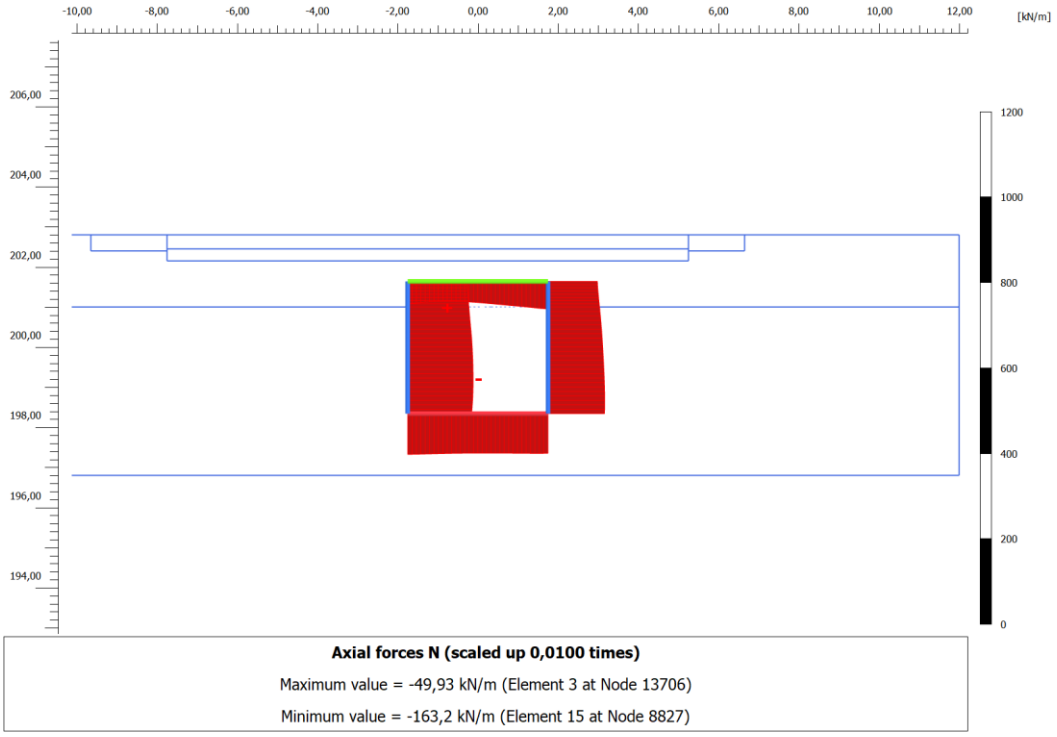


Рисунок Б.104 Продольные усилия в конструкциях коллектора после устройства технологической дороги (1-й вариант нагружения)

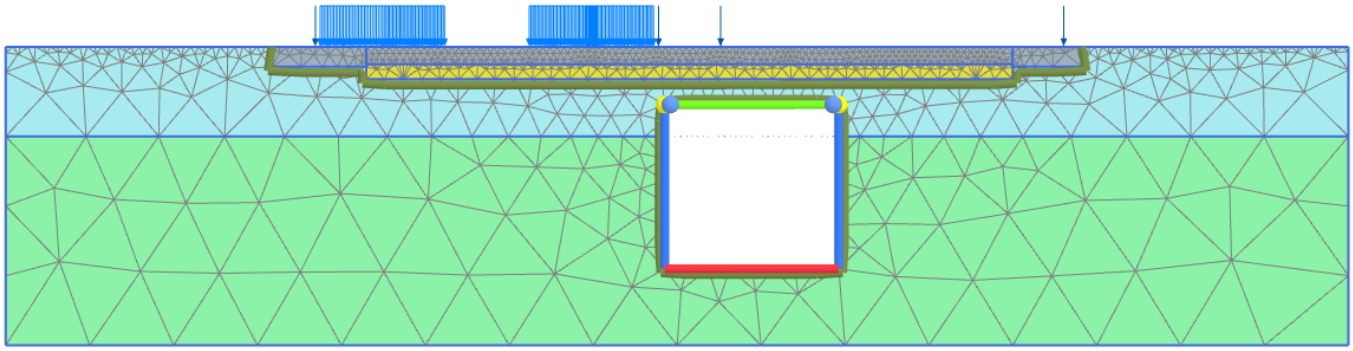


Рисунок Б.105 Расчетное сечение 5-5 замоделированная в ПВК «Plaxis 2D» (2-й вариант нагружения)

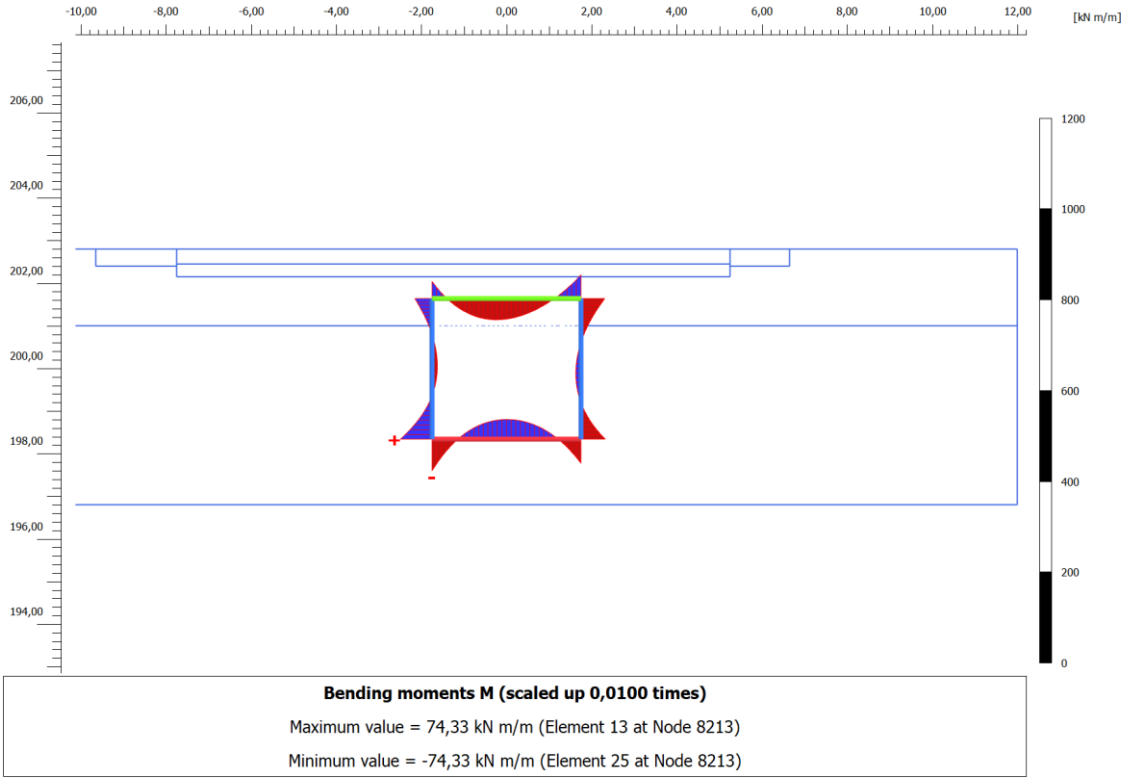


Рисунок Б.106 Эпюра изгибающих моментов в конструкциях коллектора после устройства технологической дороги (2-й вариант нагружения)

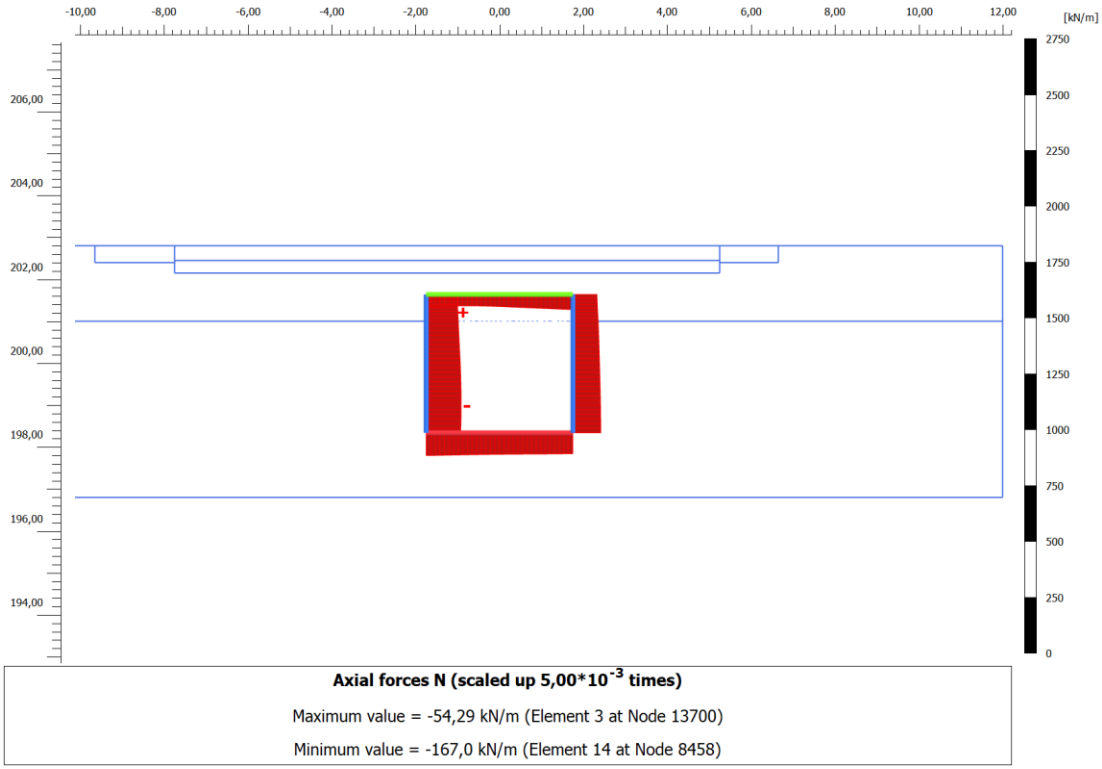


Рисунок Б.107 Продольные усилия в конструкциях коллектора после устройства технологической дороги (2-й вариант нагружения)

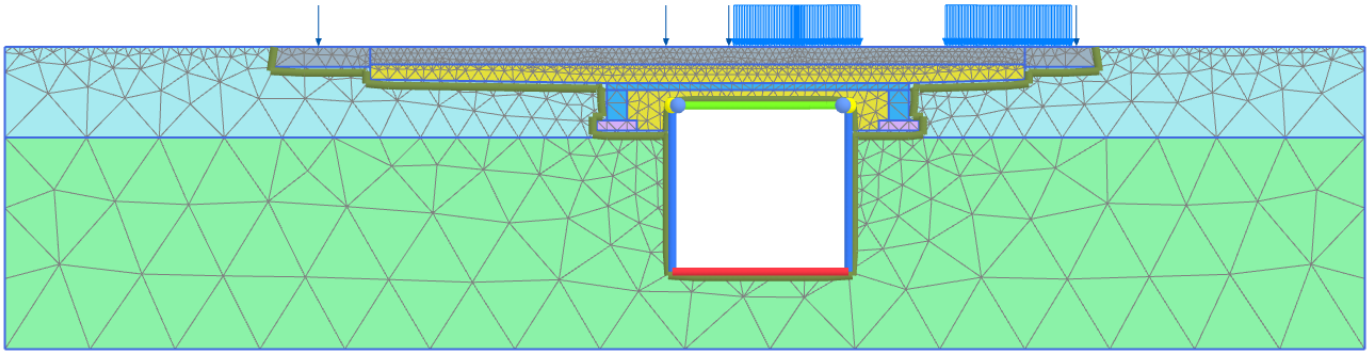


Рисунок Б.108 Расчетная схема 6-6 замоделированная в «Plaxis 2D» с учетом противоаварийных мероприятий (1-й вариант загружения)

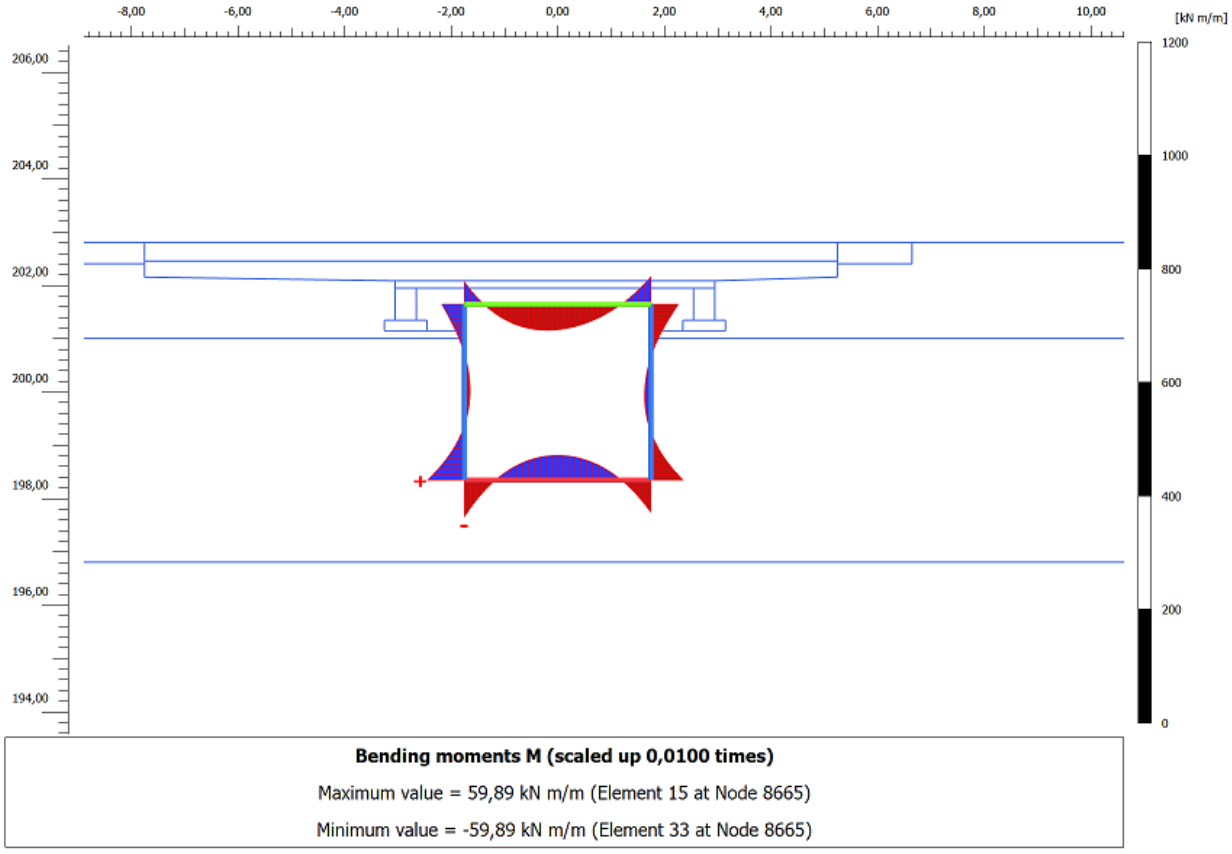


Рисунок Б.109 Эпюра изгибающих моментов в конструкциях коллектора после устройства технологической дороги (1-й вариант нагружения)

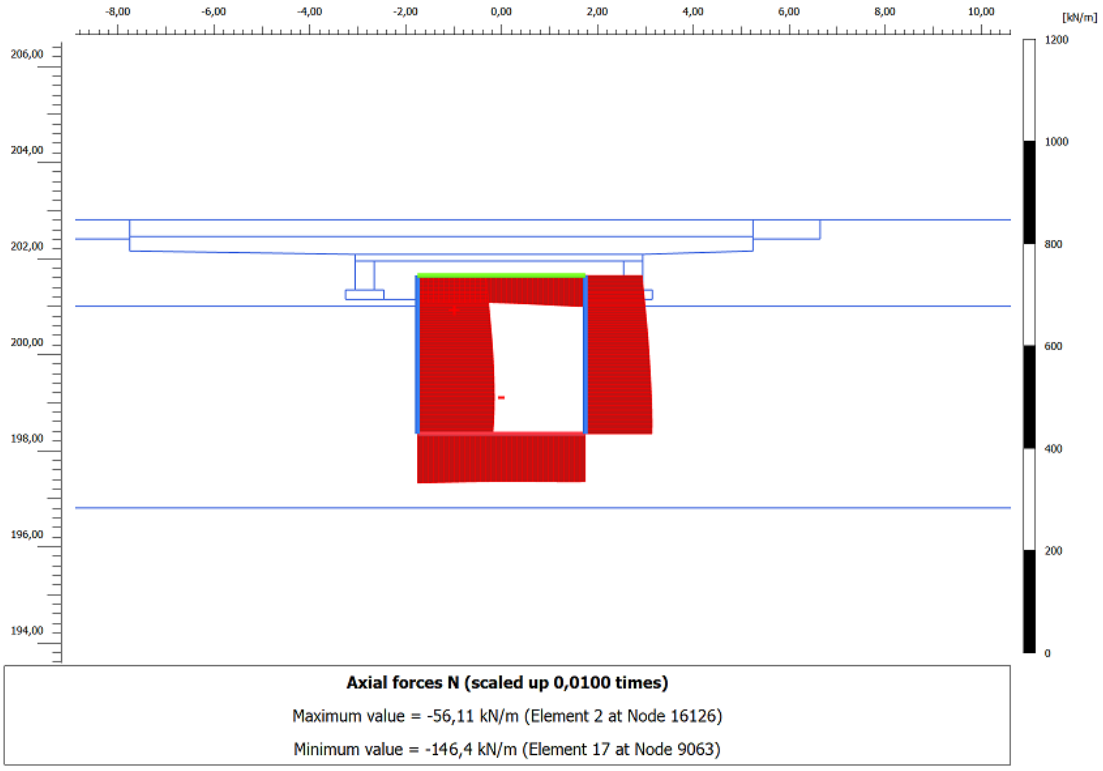


Рисунок Б.110 Продольные усилия в конструкциях коллектора после устройства технологической дороги (1-й вариант нагружения)

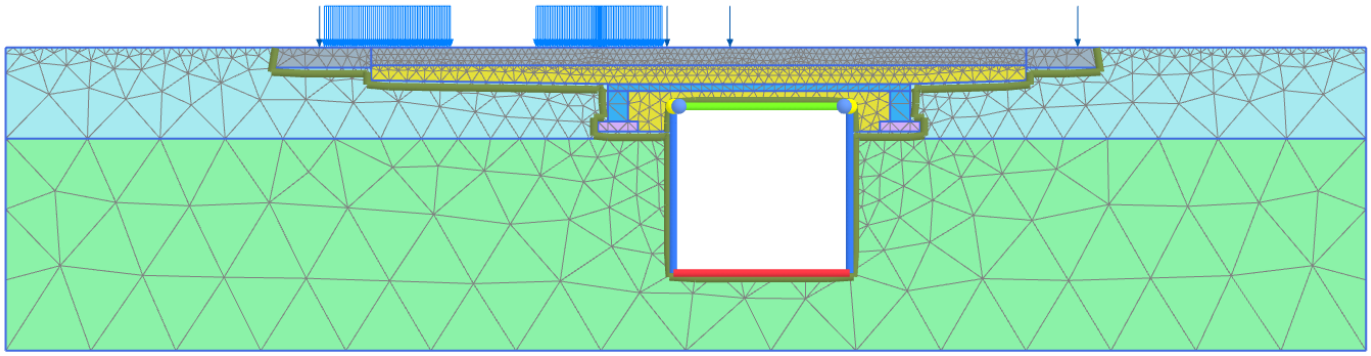


Рисунок Б.111 Расчетная схема 6-5 замоделированная в «Plaxis 2D» с учетом противоаварийных мероприятий (2-й вариант загружения)

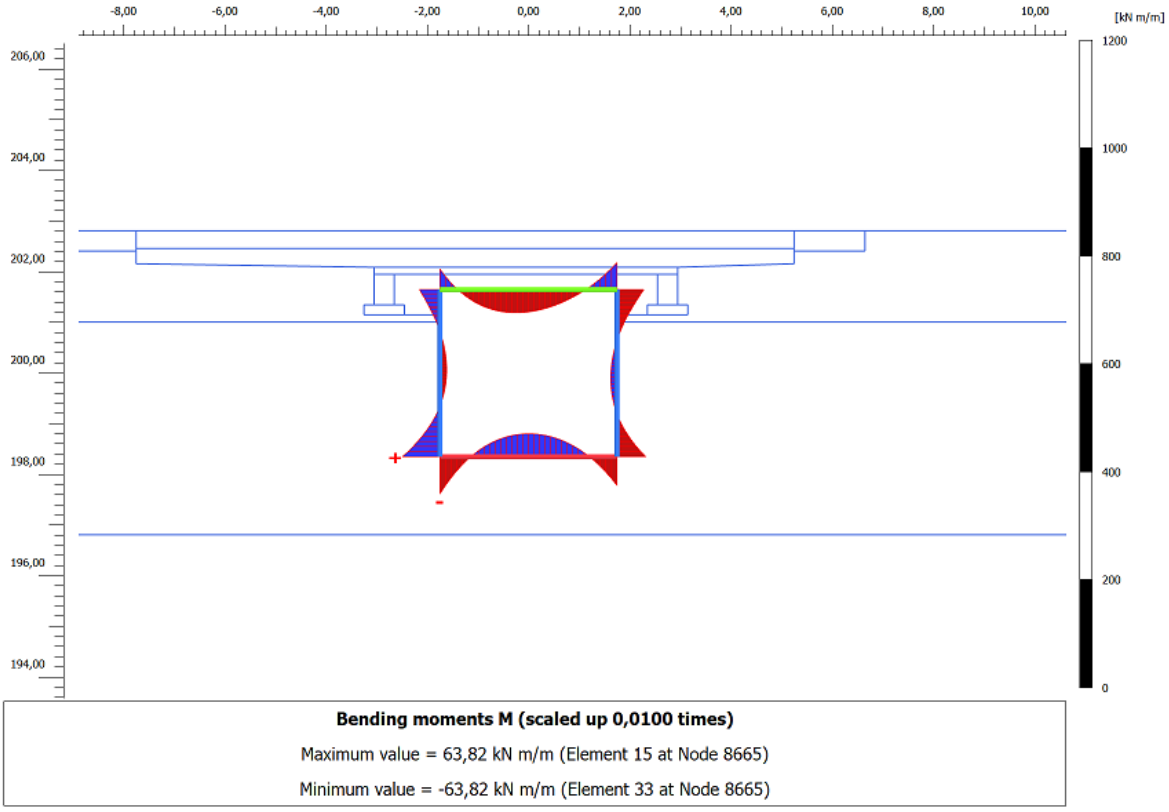


Рисунок Б.112 Эпюра изгибающих моментов в конструкциях коллектора после устройства технологической дороги (2-й вариант загружения)

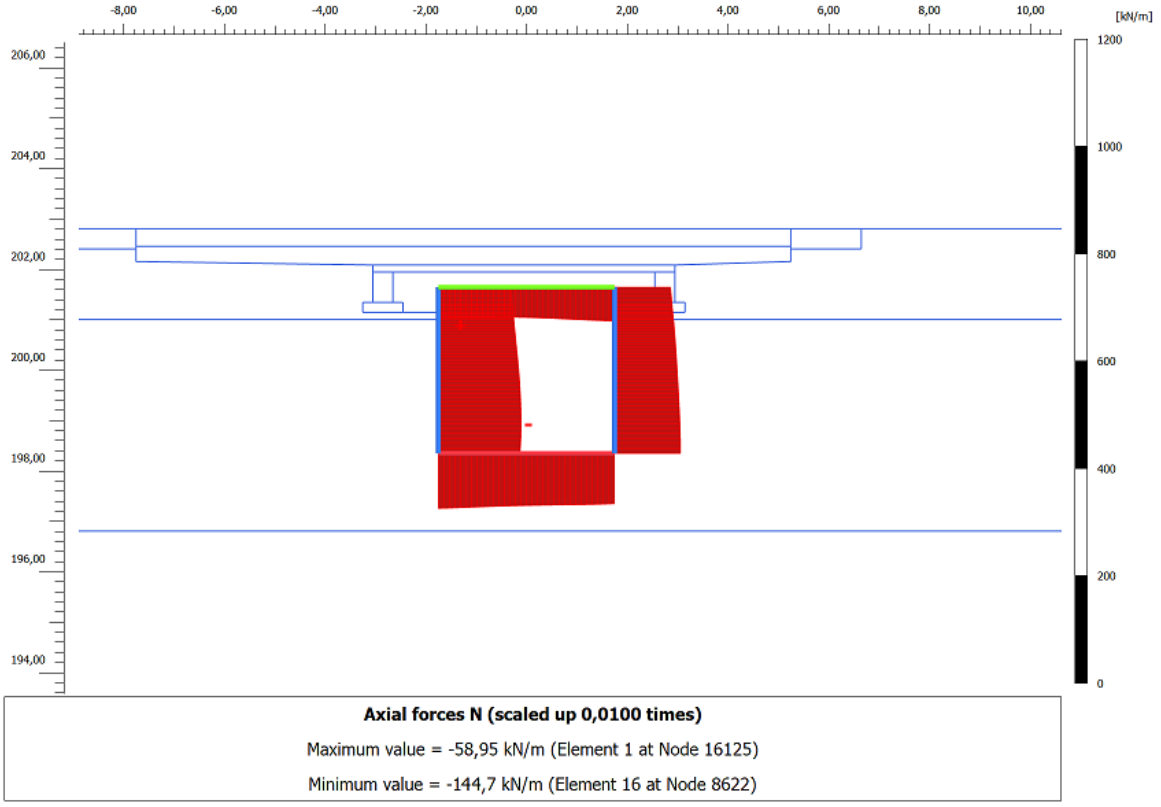
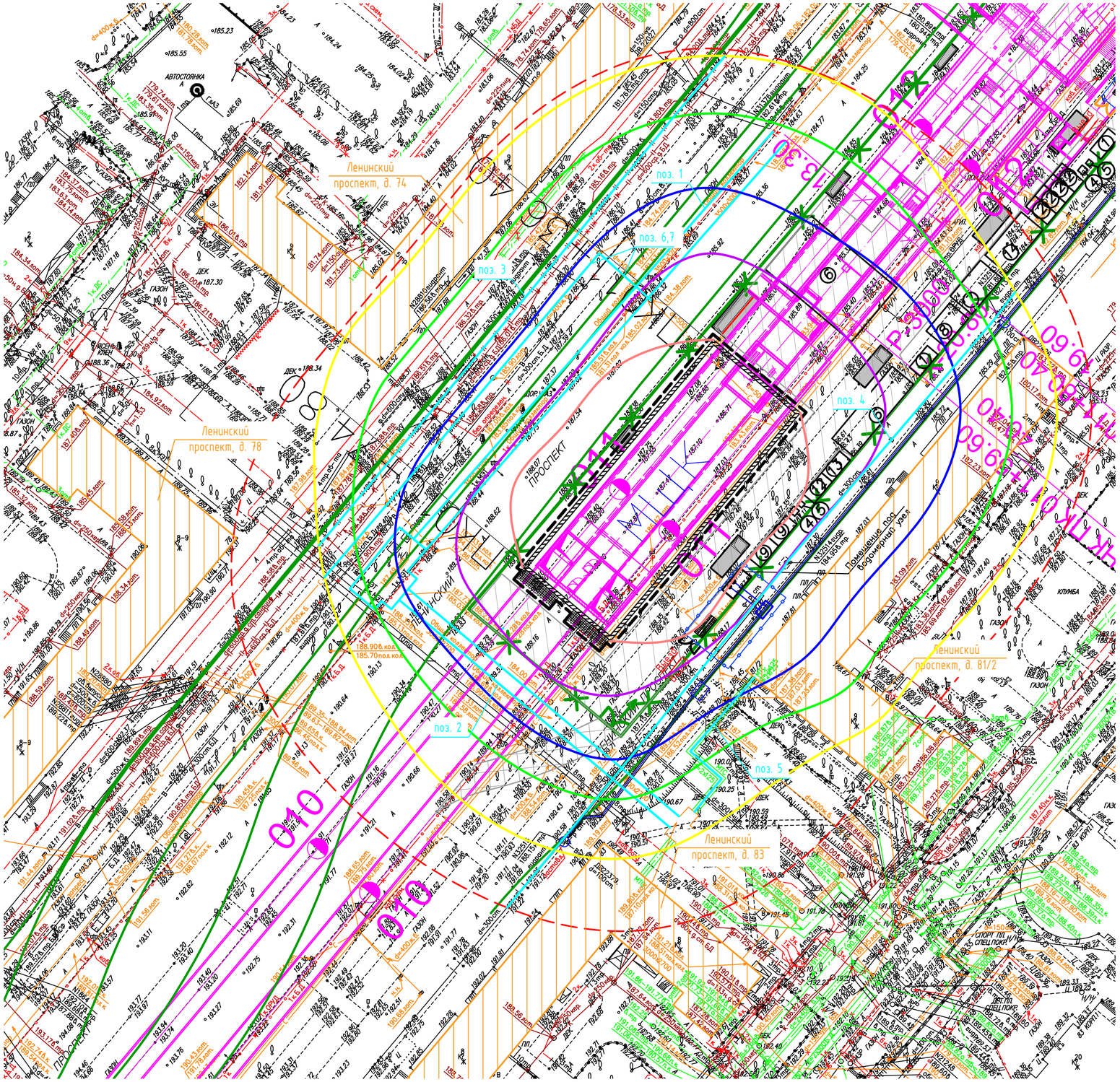


Рисунок Б.113 Продольные усилия в конструкциях коллектора после устройства технологической дороги (2-й вариант нагружения)

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Расчетная зона влияния



Условные обозначения:

- существующие здания;
- контур проектируемой монтажной камеры на ПК11;
- инженерные коммуникации попавшие в зону расчетной осадки, наименование коммуникации уточнять в соответствии с номером позиции и таблицей 2, раздела 2.3
- предварительная зона влияния (62 м)
- расчетная изолиния осадок 1 мм (60,1 – 41,6 м)
- расчетная изолиния осадок 2 мм (48,1 – 32,3 м)
- расчетная изолиния осадок 4 мм (34,1 – 24,0 м)
- расчетная изолиния осадок 10 мм (18,3 – 12,2 м)
- расчетная изолиния осадок 15 мм (12,7 – 11,8 м)

Примечание:

1. Положение расчетных сечений уточнять в Приложении "А".

Изм.	Кол. уч.	Лист	№ док.	Подпись	Дата
Разработал					04.20
Проверил					04.20
Н. контр.					04.20

17-4005-Л-П-ПЗ 2.6.1

Линия метрополитена станция метро "Новаторов – станция метро "Севастопольский проспект". Этап 2.3 "Подготовительные работы для организации щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. "Улица Строителей" до ст. "Новаторов"

Оценка влияния строительства котлована монтажно-щитовой камеры на ПК011 на существующие сооружения и инженерные коммуникации

Стадия	Лист	Листов
П		

Расчетные изолинии осадок

МОСИНЖПРОЕКТ

Взамен инв. №

Подпись и дата

Инв. № подл.

Формат А2

Приложение Г. Выдержки из нормативной и иной документации.

СП 249.1325800.2016

Таблица Е.1 – Ширина расчетной области при моделировании строительства открытых и закрытых выработок

Тип нагрузок и воздействий	Рекомендуемое значение ширины расчетной области модели a, м	
	Песчаные грунты	Глинистые грунты
Устройство закрытой выработки	$a \geq 3H_t$	$a \geq 6H_t$
Устройство открытой выработки	$a \geq 3H_s$	$a \geq 6H_s$

Таблица Е.2 – Глубина расчетной области при моделировании строительства открытых и закрытых выработок

Тип нагрузок и воздействий	Рекомендуемое значение глубины расчетной области модели b, м
Устройство закрытой выработки	$b = 0{,}5D_s$
Устройство открытой выработки	$b = H_{rs} + 0{,}5$ при $H_c \leq H_{rs} + 0{,}5$ $b = H_c$ при $H_c > H_{rs} + 0{,}5$

Примечания

1 H_c – глубина сжимаемой толщи основания условного фундамента, подошва которого расположена в уровне низа открытой выработки. Ширина условного фундамента принимается равной ширине открытой выработки. Нагрузка по подошве условного фундамента принимается равной весу вынутого из открытой выработки грунта. H_c рассчитывается согласно СП 22.13330, при этом применяется модуль деформации E_e по ветви вторичного нагружения.

2 H_{rs} – глубина заложения ограждений открытой выработки.

Е.2 При моделировании строительства открытых и закрытых выработок модель грунта должна адекватно отражать поведение грунтового массива под нагрузкой и воздействиями. Ее следует принимать на основе опыта сопоставления результатов прогнозных расчетов и данных мониторинга. Для моделирования допускается применять модели грунта согласно таблице Е.3.

Примечание – При применении упруго-пластической модели грунта с упрочнением следует:

- включать испытания грунтов, требуемые для определения параметров модели, в программу инженерно-геологических изысканий (при отсутствии норм на определение требуемых параметров, в программу необходимо включать методики их определения);
- выполнять верификацию и оптимизацию параметров модели путем:
- сравнения паспортов лабораторных и (или) полевых испытаний грунтов, с результатами аналогичных численных испытаний соответствующих инженерно-геологических элементов;
- выполнения тестовых расчетов с привлечением результатов геотехнического мониторинга построенных участков подземных коммуникаций на данном объекте.

Рисунок Г.1 Глубина (табл. Е.1) и ширина (табл. Е.2) расчетной области при моделировании, согласно [1.2]

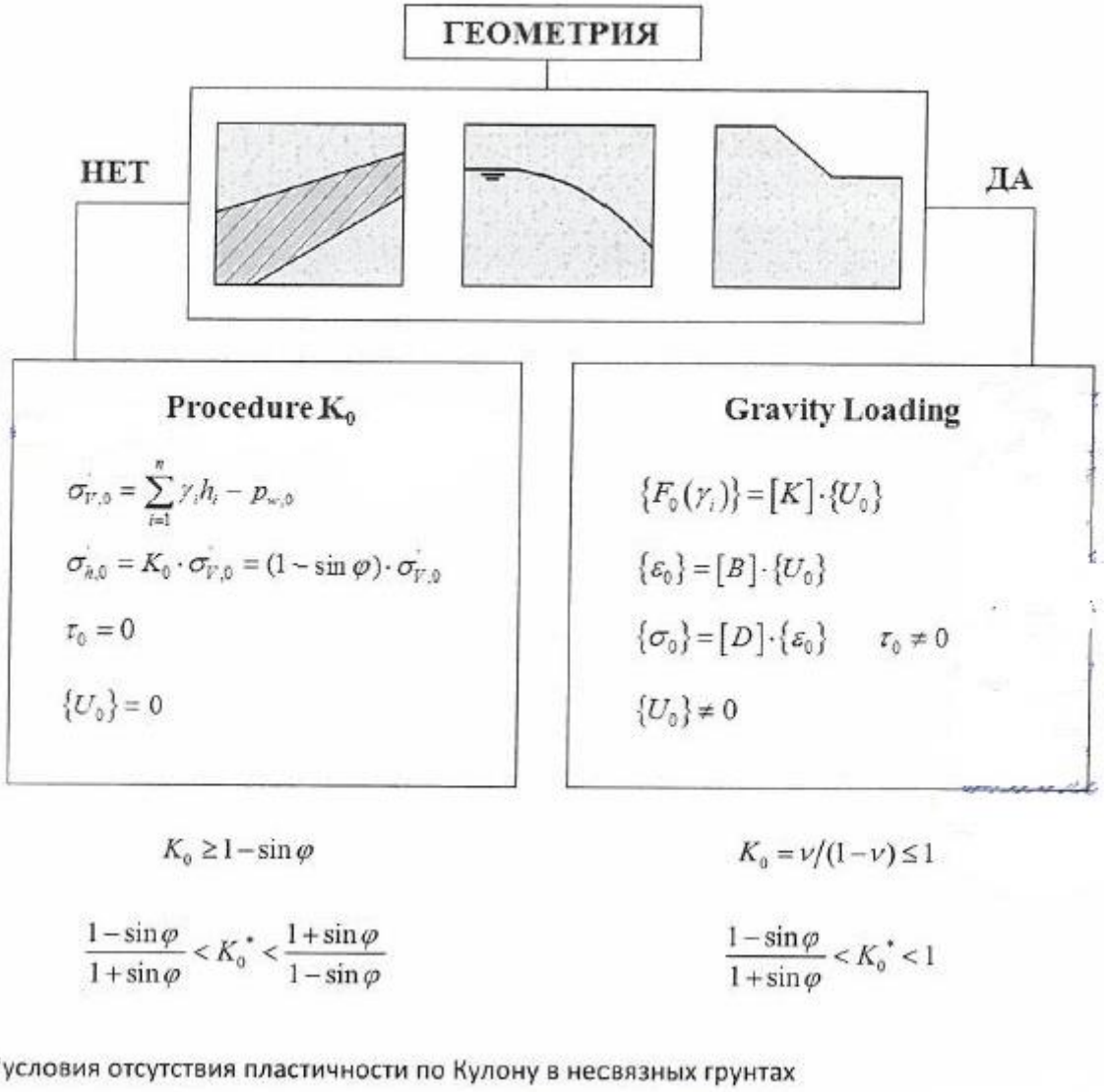


Рисунок Г.2 Определения коэффициента бокового давления (п. 1.5), согласно [1.3]

Табл. 1

Условное обозначение		E_0	G_0	n	ρ	U_0	φ	c
Параметр модели		Модуль объемной деформации при σ=1т/м² и t⇒∞	Модуль пластическ0й деформации при σ=1т/м² и t⇒∞	Показатель степени	Плотность грунта	Начальная энергия деформирования	Угол внутреннего трения грунта	Удельное сцепление
наименование грунта	ед. изм.	тс/м²	тс/м²	-	тс/м³	тс/м²	0	тс/м²
Гравийно-галечниковый грунт		2000	4000	0.70	2.16	4.00	46	0
Песок		1700	3000	0.80	1.80	1.50	34	0
Супесь		400	850	0.50	2.14	4.00	23	3,0
Скальное основание		308640	406500	1.00	0.00	10000	40	1000

Свойства контактных элементов с учётом возможности «отлипания» и проскальзывания контакта приведены в табл. 2.

Табл. 2

Условное обозначение		k_n	k_τ	φ	c	$R_{раст}$
Характеристики контакта		Нормальная жесткость	Касательная жесткость	Угол внутреннего трения грунта	Удельное сцепление	Предел прочности на растяжение
Вид зоны контакта	ед. изм.	тс/м³	тс/м³	0	тс/м²	тс/м²
контакт гравийно-галечникового грунта призмы со скалой		200000	20000	42-45	0.00	1.0
контакт песчаного грунта со скалой		100000	10000	34	0.00	1.0
контакт супеси со скалой		80000	5000	23	2.50	2.0

Рисунок Г.3 Свойства контактного элемента «дисперсный грунт – бетон», согласно [1.4].

Таблица 9.1

Тип ограждения котлована	Тип грунта	Рекомендуемое значение технологической осадки, % прогнозируемой, для способа откопки котлована	
		открытого	закрытого
Стена в грунте, шпунтовое	Песчаный	5-15	0-5
	Глинистый	5-10	0-5
Из труб, двутавров и др.	Песчаный	15-25	-
	Глинистый	10-15	-

Рисунок Г.4 Значения технологических осадок при откопке котлована, согласно [1.11].

Приложение Д. Нормативные и иные источники информации.

Д.1 СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений.

Д.2 СП 45.13330.2012. Земляные сооружения, основания и фундаменты.

Д.3 СП 20.13330.2011. Нагрузки и воздействия.

Д.4 СП 16.13330.2011. Стальные конструкции.

Д.5 СП 63.13330.2012. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.

Д.6 Рекомендации по определению допустимости дополнительных деформаций городских подземных инженерных коммуникаций, находящихся в зоне влияния строительства (реконструкции) подземных и заглубленных объектов. Москва. 2009 г.

Д.7 Рекомендации по проектированию и устройству оснований и фундаментов при возведении зданий вблизи существующих в условиях плотной застройки в г. Москве. Москомархитектура. 1999г.

Д.8 СТО 36554501-008-2007. Обеспечение сохранности подземных водонесущих коммуникаций при строительстве (реконструкции) подземных и заглубленных объектов. Москва - 2007 г.

Д.9 СТО 36554501-028-2012. Оценка влияния строительства коммуникационных тоннелей щитовым методом на окружающую застройку.

Д.10 Правила подготовки и производства земляных работ, обустройства и содержания земляных площадок в городе Москве. Москва. 2004 г.

Д.11 Справочник проектировщика «Основания, фундаменты и подземные сооружения». - Москва "Стройиздат", 1985г. Сорочан Е.А., Трофименков Ю.Г.

Д.12 Книга «Статическое зондирование грунтов». Издательство АСВ, Москва. 2010 г. Исаев О.Н., Рыжков И.Б.

Д.13 Лекции «Выбор модели грунта и определение ее параметров для геотехнических расчетов в PLAXIS». Санкт-Петербург, НИП-Информатика. 2014 г.

Д.14 СП 120.13330.2012 Метрополитены. Актуализированная редакция СНиП 32-02-2003

Д.15 Статья «Влияние на напряженно-деформированное состояние грунтовой плотины прочности контакта плотины со скалой». Е.А. Харламова, М.П. Саинов. Вестник МГСУ. 2011 г.

Д.16 ГОСТ Р 52748-2007 Дороги автомобильные общего пользования.

Приложение Е. Сертификаты и лицензии

Саморегулируемая организация
основанная на членстве лиц выполняющих инженерные изыскания
(вид саморегулируемой организации)

Некоммерческое партнерство Центральное объединение организаций по инженерным изысканиям для строительства «Центризыскания» (НП «Центризыскания»)
(полное наименование саморегулируемой организации, адрес, электронный адрес в сети "Интернет",
129090, Москва, Большой Балканский пер., д.20, стр.1, www.np-ciz.ru,
СРО-И-003-14092009
регистрационный номер в государственном реестре саморегулируемых организаций)

г. Москва (место выдачи Свидетельства) “ 22 ” января 20 15 г. (дата выдачи Свидетельства)

СВИДЕТЕЛЬСТВО
о допуске к определенному виду или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства
№ 1002.05-2009-7701885820-И-003

Выдано члену саморегулируемой организации **Акционерному обществу**
(полное наименование юридического лица
«Мосинжпроект», ОГРН 1107746614436, ИНН 7701885820, Российская Федерация,
(фамилия, имя, отчество индивидуального предпринимателя), ОГРН (ОГРНИП), ИНН, адрес местонахождения (место жительства),
101990, г. Москва, Сверчков переулок, д. 4/1
дата рождения индивидуального предпринимателя)

Основание выдачи Свидетельства **решение Правления НП «Центризыскания»**
(наименование органа управления саморегулируемой организации,
Протокол № 134 от «22» января 2015 года
номер протокола, дата заседания)

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

Начало действия с “ 22 ” января 20 15 г.

Свидетельство без приложения недействительно.

Свидетельство выдано без ограничения срока и территории его действия.

Свидетельство выдано взамен ранее выданного 13.11.2012 г. 0427.04-2009-7701885820-И-003
(дата выдачи, номер Свидетельства)

Президент (должность уполномоченного лица)	(подпись)	Л.Г. Кушнир (инициалы, фамилия)
Генеральный директор (должность уполномоченного лица)	(подпись)	А.В. Акимов (инициалы, фамилия)

М.П.

2

Приложение
к Свидетельству о допуске к определенному виду или видам работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства.
от 22.01.2015
№ 1002.05-2009-7701885820-И-003

Виды работ, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, включая особо опасные и технически сложные объекты капитального строительства (кроме объектов использования атомной энергии) [1]
и о допуске к которым член **Некоммерческого партнерства «Центральное объединение**
(полное наименование саморегулируемой организации)
организаций по инженерным изысканиям для строительства «Центризыскания»
Акционерное общество «Мосинжпроект» имеет Свидетельство
(полное наименование члена саморегулируемой организации)

№	Наименование вида работ [2]
1.	**1. Работы в составе инженерно-геодезических изысканий** 1.1. Создание опорных геодезических сетей 1.2. Геодезические наблюдения за деформациями и осадками зданий и сооружений, движениями земной поверхности и опасными природными процессами 1.3. Создание и обновление инженерно-топографических планов в масштабах 1:200 - 1:5000, в том числе в цифровой форме, съемка подземных коммуникаций и сооружений 1.4. Трассирование линейных объектов 1.5. Инженерно-гидрографические работы 1.6. Специальные геодезические и топографические работы при строительстве и реконструкции зданий и сооружений
2.	**2. Работы в составе инженерно-геологических изысканий** 2.1. Инженерно-геологическая съемка в масштабах 1:500 - 1:25000 2.2. Проходка горных выработок с их опробованием, лабораторные исследования физико-механических свойств грунтов и химических свойств проб подземных вод 2.3. Изучение опасных геологических и инженерно-геологических процессов с разработкой рекомендаций по инженерной защите территории 2.4. Гидрогеологические исследования 2.5. Инженерно-геофизические исследования 2.6. Инженерно-геокриологические исследования 2.7. Сейсмологические и сейсмотектонические исследования территории, сейсмическое микрорайонирование
3.	**4. Работы в составе инженерно-экологических изысканий** 4.1. Инженерно-экологическая съемка территории 4.2. Исследования химического загрязнения почвогрунтов, поверхностных и подземных вод, атмосферного воздуха, источников загрязнения 4.3. Лабораторные химико-аналитические и газохимические исследования образцов и проб почвогрунтов и воды 4.4. Исследования и оценка физических воздействий и радиационной обстановки на территории 4.5. Изучение растительности, животного мира, санитарно-эпидемиологические и медико-биологические исследования территории
4.	**5. Работы в составе инженерно-геотехнических изысканий** (Выполняются в составе инженерно-геологических изысканий или отдельно на изученной в инженерно-геологическом отношении территории под отдельные здания и сооружения) 5.1. Проходка горных выработок с их опробованием и лабораторные исследования механических свойств грунтов с определением характеристик для конкретных схем расчета оснований фундаментов 5.2. Полевые испытания грунтов с определением их стандартных прочностных и деформационных

3

	характеристик (штамповые, сдвиговые, прессиометрические, срезные). Испытания эталонных и натурных свай 5.3. Определение стандартных механических характеристик грунтов методами статического, динамического и бурового зондирования 5.4. Физическое и математическое моделирование взаимодействия зданий и сооружений с геологической средой 5.5. Специальные исследования характеристик грунтов по отдельным программам для нестандартных, в том числе нелинейных методов расчета оснований фундаментов и конструкций зданий и сооружений 5.6. Геотехнический контроль строительства зданий, сооружений и прилегающих территорий
5.	**6. Обследование состояния грунтов основания зданий и сооружений**

_____ вправе заключать договоры
(полное наименование члена саморегулируемой организации)

по осуществлению организации работ по _____

стоимость которых по одному договору не превышает (составляет)

_____ [3]
(сумма цифрами и прописью в рублях Российской Федерации)

Президент _____ Л.Г. Кушнир
(должность уполномоченного лица) (подпись) (инициалы, фамилия)

Генеральный директор _____ А.В. Акимов
(должность уполномоченного лица) (подпись) (инициалы, фамилия)

М.П.

[1] В зависимости от вида объектов капитального строительства указать: "объектов капитального строительства, включая особо опасные и технически сложные объекты капитального строительства, объекты использования атомной энергии", или "объектов капитального строительства, включая особо опасные и технически сложные объекты капитального строительства (кроме объектов использования атомной энергии)", или "объектов капитального строительства (кроме особо опасных и технически сложных объектов, объектов использования атомной энергии)".

[2] Виды работ указываются в соответствии с Перечнем видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства, утвержденным Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 декабря 2009 г. № 624 (зарегистрирован в Минюсте России 15 апреля 2010 г., регистрационный № 16902; Российская газета, 2010, № 88), в редакции Приказа Министерства регионального развития Российской Федерации от 23 июня 2010 г. № 294 (зарегистрирован в Минюсте России 9 августа 2010 г., регистрационный № 18086; Российская газета, 2010, № 180).

[3] Указать: "строительству, реконструкции и капитальному ремонту объектов капитального строительства" или "подготовке проектной документации для объектов капитального строительства".

всего прошито, пронумеровано и скреплено печатью

3 (три) лист а

Генеральный директор
ПП «Центризыскания»

А.В.Акимо

«22» январь 2015 г.

PLAXIS

essential for geotechnical professionals

No. C0798013

Delft, Tuesday, 29 January 2013

Our company will subcribe to PLAXIS VIP for the period of 3 (three) year(s).

Hereafter the subscription will automatically be extended on an annual basis, unless terminated by a written request at least 60 days before the start of the new period.

We hereby subscribe to PLAXIS VIP for the following product(s):

	Product	Number of licences
2D	☒ PLAXIS 2D	x 3
	☒ 2D Dynamics	x 3
	☒ 2D Plax Flow	x 3
3D	☐ PLAXIS 3D	x
	☐ 3D Dynamics	x

We are aware that the CodeMeter key will be updated upon receipt of our first (yearly) payment.

Company: GUP Mosinjproject
Group of Engineering Calculations
RUSSIA

Name:

Agreed & Signed On:

Stamp and Signature:

Computerlaan 14
2628 XK Delft
The Netherlands

P.O. Box 572
2600AN Delft
The Netherlands

Tel +31 (0)15 251 7720
Fax +31 (0)15 257 3107
www.plaxis.nl

KvK 24229980
Bank ABN-AMRO Rotterdam
Acc no 60.52.06.843

IBAN NL81ABNA0605206843
Swift ABNANL2A
VAT NL802383208B01

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

Добровольная сертификация

СЕРТИФИКАТ СООТВЕТСТВИЯ

№ РОСС RU.СП09.Н00146

Срок действия с 05.05.2019 по 04.05.2022

№ 1814189

ОРГАН ПО СЕРТИФИКАЦИИ RA.RU.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

Программный комплекс для геотехнических расчетов PLAXIS в составе: PLAXIS 2D, PLAXIS 3D
Серийный выпуск

код ОК 005 (ОКП):

ОКПД2
58.29.29.000

СООТВЕТСТВУЕТ ТРЕБОВАНИЯМ НОРМАТИВНЫХ ДОКУМЕНТОВ

ГОСТ 27751-2014, ГОСТ 25100-2011, ГОСТ 5180-2015, ГОСТ 12248-2010, ГОСТ 20276-2012, ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 (п.п. 3.1.3, 3.1.4, 3.1.5, 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3); ГОСТ Р ИСО 9127-94 (п.п. 6.1, 6.3-6.5), нормативных и программных документов
(см. прилож. на 1 л., бланк № 0947683)

код ТН ВЭД России:

ИЗГОТОВИТЕЛЬ

Компания ООО «Бентли Системс».
Российская Федерация, 115054, г. Москва, ул. Дубининская, д. 53, стр. 5.

СЕРТИФИКАТ ВЫДАН

Компании ООО «Бентли Системс».
Российская Федерация, 115054, г. Москва, ул. Дубининская, д. 53, стр. 5.
Телефон: 8 800 100 94 43

НА ОСНОВАНИИ

протокола испытаний от 30.04.2019 № 287 ИЛ программных средств ООО ЦРИОИТ (рег. № RA.RU.21СП05)

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Схема сертификации – 3.
Поставщик ООО «НИП-Информатика», 192102, г. Санкт-Петербург, ул. Фучика, д. 4, лит. «К». Телефон / факс: 812 321 00 55

М.П.

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

Эксперт _____ (подпись) Г.Е. Колесников (инициалы, фамилия)

Сертификат не применяется при обязательной сертификации

СИСТЕМА СЕРТИФИКАЦИИ ГОСТ Р

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

№ 0947683

ПРИЛОЖЕНИЕ

К сертификату соответствия № РОСС RU.СП09.Н00146

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
ОКПД2 58.29.29.000	Программный комплекс для геотехнических расчетов PLAXIS в составе: PLAXIS 2D, PLAXIS 3D ООО «НИП-Информатика»	Руководство пользователя 46.52199206.504100-02 90 01, Руководство пользователя 46.52199206.504100-02 90 03

Нормативные и программные документы, которым соответствует программный комплекс:

ВСН 26-90, ВСН 41.88, ГОСТ 19912-2012, ГОСТ 23161-2012, ГОСТ 24847-2017, ГОСТ 27217-2012, ГОСТ 28622-2012, ГОСТ 32960-2014, ГОСТ 33149-2014, ГОСТ 33384-2015, ГОСТ Р 58326-2018, ГОСТ Р 53582-2009, МР 1.5.2.05.999.0026-2011, ОДМ 218.2.001-2009, ОДМ 218.2.006-2010, ОДМ 218.5.002-2008, ОДМ 218.5.003-2010, ПиНАЭ - 5.10-87, СП 100.13330.2016 (СНиП 2.06.03-85), СП 101.13330.2012 (СНиП 2.06.07-87), СП 102.13330.2012 (СНиП 2.06.09-84), СП 103.13330.2012 (СНиП 2.06.14-85), СП 104.13330.2016 (СНиП 2.06.15-85), СП 11-105-97, СП 11-114-2004, СП 116.13330.2012 (СНиП 22-02-2003), СП 118.13330.2012 (СНиП 31-06-2009), СП 119.13330.2012 (СНиП 32-01-95), СП 119.13330.2017 (СНиП 32-01-95), СП 120.13330.2012 (СНиП 32-02-2003), СП 121.13330.2012 (СНиП 32-03-96), СП 122.13330.2012 (СНиП 32-04-97), СП 123.13330.2012 (СНиП 34-02-99), СП 125.13330.2012 (СНиП 2.05.13-90), СП 14.13330.2014 (СНиП II-7-81*), СП 14.13330.2018 (СНиП II-7-81*), СП 15.13330.2012 (СНиП II-22-81*), СП 16.13330.2011 (СНиП II-23-81*), СП 16.13330.2017 (СНиП II-23-81*), СП 20.13330.2011 (СНиП 2.01.07-85*), СП 20.13330.2016 (СНиП 2.01.07-85*), СП 21.13330.2012 (СНиП 2.01.09-91), СП 22.13330.2011 (СНиП 2.02.01-83*), СП 22.13330.2016 (СНиП 2.02.01-83*), СП 23.13330.2011 (СНиП 2.02.02-85*), СП 238.1326000.2015, СП 24.13330.2011 (СНиП 2.02.03-85), СП 248.1325800.2016, СП 249.1325800.2016, СП 250.1325800.2016, СП 25.13330.2012 (СНиП 2.02.04-88), СП 26.13330.2012 (СНиП 2.02.05-87), СП 287.1325800.2016, СП 291.1325800.2017, СП 32-103-97, СП 32-104-98, СП 34.13330.2012 (СНиП 2.05.02-85*), СП 35.13330.2011 (СНиП 2.05.03-84*), СП 354.1325800.2017, СП 358.1325800.2017, СП 361.1325800.2017, СП 36.13330.2012 (СНиП 2.05.06-85*), СП 369.1325800.2017, СП 381.1325800.2018, СП 38.13330.2012 (СНиП 2.06.04-82*), СП 38.13330.2018 (СНиП 2.06.04-82*), СП 39.13330.2012 (СНиП 2.06.05-84*), СП 40.13330.2012 "СНиП 2.06.06-85, СП 41.13330.2012 (СНиП 2.06.08-87), СП 43.13330.2012 (СНиП 2.09.03-85), СП 45.13330.2012 (СНиП 3.02.01-87), СП 45.13330.2017 (СНиП 3.02.01-87), СП 47.13330.2012, СП 50-101-2004, СП 50-102-2003, СП 54.13330.2011 (СНиП 31-01-2003), СП 54.13330.2016 (СНиП 31-01-2003), СП 58.13330.2012 (СНиП 33-01-2003), СП 63.13330.2012 (СНиП 52-01-2003), СП 80.13330.2016 (СНиП 3.07.01-85), СП 88.13330.2014 (СНиП II-11-77*), СП 90.13330.2012 (СНиП II-58-75), СП 91.13330.2012 (СНиП II-94-80), ТСН 31-332-2006, ТСН 50-302-2004, ТСН 50-304-2001
и программные документы:
PLAXIS 2D. Руководство пользователя 46.52199206.504100-02 90 01,
PLAXIS 3D. Руководство пользователя 46.52199206.504100-02 90 03

ОС ПС ООО ЦРНОИТ Для сертификатов РА.RU.11СП09

М.П.

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

Эксперт _____ (подпись) Г.Е. Колесников (инициалы, фамилия)

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Техническое задание

Заказчик

АО «МОСИНЖПРОЕКТ»

Заместитель генерального директора
по проектированию
_____ Р.Х. Черкесов

«___» _____ 2020 г.

М.П.

Техническое задание

на выполнение геотехнических изысканий при строительстве объекта: «Линия метрополитена станция метро «Новаторов» - станция метро «Севастопольский проспект». Этап 2.3 «Подготовительные работы для организации щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов»

1. Номер заказа, наименование и вид объекта	12-4005-Л-П «Линия метрополитена станция метро «Новаторов» - станция метро «Севастопольский проспект». Этап 2.3 «Подготовительные работы для организации щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов»
2. Стадия проектирования, сведения об этапе работ, сроках проектирования, строительства и эксплуатации объекта	Проектная документация. Сроки проектирования: 2020гг.
3. Вид строительства (новое строительство, реконструкция, консервация, снос (демонтаж))	Новое строительство
4. Государственный заказчик	Департамент строительства города Москвы
5. Инвестор	ГУП «Московский метрополитен»
6. Источник финансирования	Бюджетные средства города Москвы
7. Наименование и местонахождение застройщика и/или технического заказчика, фамилия, инициалы и номер телефона (факса), электронный адрес ответственного представителя	АО «Мосинжпроект» Юридический адрес: Сверчков пер. д. 4/1, Москва, 101990 Генеральный директор: М.М. Газизуллин +7 (495) 225-19-40
8. Идентификационные сведения об объекте (функциональное назначение, уровень ответственности зданий и сооружений)	Московский метрополитен, уровень ответственности повышенный в соответствии с Федеральным законом от 12/30/2009 N 384-ФЗ, статья 4, п.7, часть 1. Класс сооружения КС-3 (прил. А ГОСТ 27751-2014 «Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения»).
9. Данные о местоположении и границах площадки (площадок) и (или)	г. Москва; Юго-Западный округ, район Ломоносовский

трассы (трасс) строительства, маршрут прохождения трассы	
10. Сведения и данные о проектируемых объектах (перечень и идентификация притрассовых объектов, примыканий и их местоположение на трассе, габариты зданий и сооружений, данные о предполагаемых типах фундаментов, данные о глубинах заложения фундаментов и подземных частей зданий и сооружений, данные о проектируемых нагрузках на основание, данные о высоте и этажности зданий и сооружений)	Участок проектирования представляется монтажно-щитовой камерой на ПК011 предназначенная для ведения щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов», расположена в пределах станционного комплекса ст. «Улица Строителей», в границах ТПП.
11. Сведения о схеме расчетов фундаментов или элементов сооружений, взаимодействующих с грунтовым массивом	По деформациям
12. Требования к точности, надежности, достоверности и обеспеченности данных и характеристик, получаемых при инженерных изысканиях	Расчеты по деформациям должны быть выполнены с доверительной вероятностью α=0,85; 0,95
13. Перечень нормативных документов, в соответствии с требованиями которых необходимо выполнить инженерные изыскания	а) Федеральный закон Российской Федерации от 30.12.2009 № 384 ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»; б) ГОСТ 22751-1014 «Надежность строительных конструкций и оснований»; в) СП 120.13330.2012 «Метрополитены»; г) СП 47.13330.2012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»; д) СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений»; е) ГОСТ 12248-2010 «Грунты. Методы лабораторных определений характеристик прочности и деформируемости» ж) СП 227.1326000.2014 «Пересечения железнодорожных линий с линиями транспорта и инженерными сетями»
14. Состав работ	- Выполнение численных расчетов методом конечных элементов; - Разработка выводов и рекомендаций по результатам проведенных расчетов, составление отчета; - Разработка программы мониторинга за зданиями и инженерными сооружениями, расположенным в расчетной зоне влияния строительства.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

Программа инженерно-геотехнических изысканий

Приложение __
к договору №_____
от " " _____ 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ
«ЗАКАЗЧИК-ГЕНПРОЕКТИРОВЩИК»
Генеральный директор
АО «МОСИНЖПРОЕКТ»
_____ Р.Х. Черкесов
«___» _____ 2020 г.

М.П.

ПРОГРАММА ИНЖЕНЕРНО-ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЙ
НА ОБЪЕКТ: «Линия метрополитена станция метро «Новаторов» - станция метро «Севастопольский проспект». Этап 2.3 «Подготовительные работы для организации щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов».

1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

1.1. Стадия проектирования – П (проектная документация)

1.2. Цель работы: Геотехнический прогноз и оценка влияния устройства конструкций котлована монтажно-щитовой камеры на ПК011, по объекту «Линия метрополитена станция метро «Новаторов» - станция метро «Севастопольский проспект». Этап 2.3 «Подготовительные работы для организации щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов», на эксплуатируемые жилые здания по адресу г. Москва, Ленинградский проспект, дом 74; г. Москва, Ленинградский проспект, дом 78; г. Москва, Ленинградский проспект, дом 81/2; г. Москва, Ленинградский проспект, дом 83, а также инженерные коммуникации, попавшие в расчетную зону влияния нового строительства.

1.3. Состав и виды выполняемых работ:

1.3.1. Оценка влияния на здания/сооружения и инженерные коммуникации:

- Анализ материалов инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий;
- Изучение конструктивных решений объекта;
- Изучение материалов по существующим железнодорожным путям, расположенным вблизи проектируемого строительства;

- Разработка геомеханической модели и конечно-элементной схематизации расчетной области грунтового массива, включая территорию объекта и расположенных вблизи сооружений и инженерных коммуникаций;
- Выполнение численных расчетов напряженно-деформированного состояния грунтового массива и оценка влияния нового строительства на период ведения работ и после завершения работ на основании эксплуатационных нагрузок. Расчет производится на статические нагрузки без учета динамических нагрузок от процессов строительства;
- Составление выводов и подготовка рекомендаций по результатам выполненных работ.

1.3.2. Разработка программы мониторинга:

- Анализ материалов инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий;
- Изучение материалов по железнодорожным путям, расположенным вблизи объекта;
- Анализ результатов оценки влияния нового строительства здания и инженерные коммуникации, расположенные в расчетной зоне влияния;
- Разработка схемы мониторинга за инженерными коммуникациями и эксплуатируемыми жилыми зданиями;
- Определение объемов работ;
- Определение периодичности и цикличности выполнения работ по наблюдению за инженерными коммуникациями.

1.4. Работы по инженерно-геотехническим изысканиям выполняются с учетом:

- Инженерно-геологических и гидрогеологических изысканий площадки строительства;
- Этапов возведения сооружений;
- Проекта производства работ в части технологических процессов;
- Наличия действующих зданий и инженерных коммуникаций на территории производства работ;
- Реального поведения грунта вмещающего массива, материалов строительных конструкций существующей застройки, инженерных коммуникаций и вновь устраиваемых конструкций;
- Расчетных схем, отражающих реальную работу окружающей застройки;

2. ПЕРЕЧЕНЬ ПРЕДПОЛАГАЕМЫХ ВИДОВ И ОБЪЕМОВ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОТЕХНИЧЕСКИХ РАБОТ

2.1. Тип конструкций объекта строительства:

Монтажная камера предназначена для ведения щитовой проходки перегонных тоннелей от ст. «Улица Строителей» до ст. «Новаторов», расположена в пределах станционного комплекса ст. «Улица Строителей», в границах ТПП.

Длина камеры L=61,6м определена возможностью размещения конвейера для выдачи грунта при щитовой проходке в котловане Нср.=16,6м.

Монтажная камера сооружается в открытом котловане с ограждением из буросекущихся свай Ø800мм.

Устройство котлована Нкотл.макс.=18,6м, (Том 5.1.2) предусматривается с ограждением из буросекущихся свай Ø800мм hсвай=26,0м и 24,7м с шагом 0,6м, бетон армированных свай – класс по прочности на сжатие В30, бетон неармированных свай – В15.

До разработки грунта в котловане по верху ограждения из БСС устраивается монолитная железобетонная обвязочная балка (бетон – В30).

Разработку грунта в котловане предусмотрено вести поэтапно сверху вниз с одновременной установкой распорного крепления (4 яруса).

Грунт в котловане разрабатывается в очередности, обеспечивающей устойчивость и геометрическую неизменяемость крепления котлована. Перед установкой яруса крепления из расстрелов грунт вдоль ограждающей конструкции разрабатывается на глубину 1,5м от оси расстрела с устройством бермы шириной не менее 2,5м. Разработка грунта ведется экскаватором обратная лопата V ковша 1,5м³ с доработкой грунта бульдозером и вручную.

В качестве распорного крепления котлована приняты стальные трубы (ГОСТ 10704-91) Ø530х8 мм на 1 ярусе, Ø630х8 мм на 2 и 4 ярусах и Ø720х10 мм на 3 ярусе. Шаг расстрелов – 5,2 м. В качестве обвязочного пояса приняты пакеты из двутавров (ГОСТ Р57837-2017):

1 ярус - 2 двутавра 45Б1;

2 ярус - 2 двутавра 55Б1;

3 ярус - 3 двутавра 55Б1;

4 ярус - 2 двутавра 55Б1

Монтаж продольных поясов, расстрелов и подкосов осуществляется автокранами г/п 90т и г/п 25т.

После разработки грунта на дне котлована сооружается железобетонная лотковая плита для организации ввода ТПМК, размещения оборудования и обеспечения щитовой проходки тоннелей. Бетонирование плиты ведется с помощью автобетононасосов, электровибраторов и др.

После набора прочности бетона нижний ярус расстрелов демонтируется, распорной конструкцией является лотковая плита.

Для исключения попадания грунтовых вод в котлован и осадок дневной поверхности при врезке ТПМК, за торцевой стеной котлована предусмотрено устройство бетонных пригрузов из трех рядов бурокасательных (БКС) свай Ø800 мм, длиной 21,1 м, бетон свай – В15.

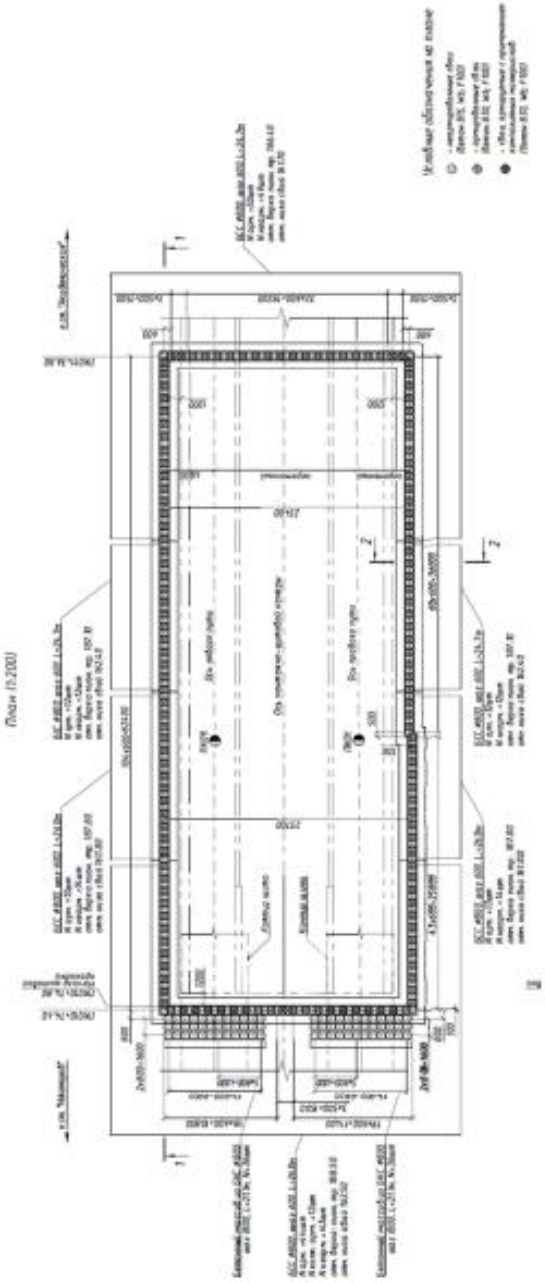


Рис. 1. План ограждения котлована проектируемой монтажно-щитовой камеры

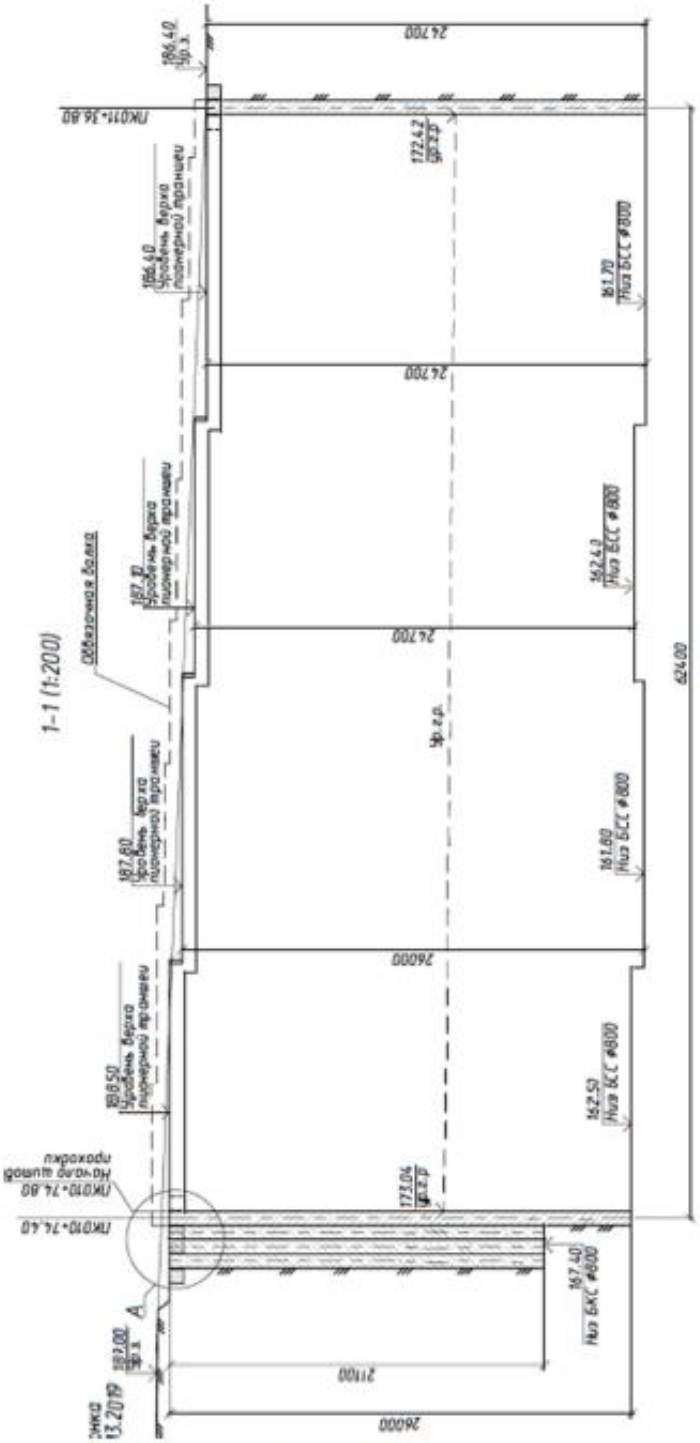


Рис. 2. Разрез 1-1. Продольный разрез ограждения котлована проектируемой монтажно-щитовой камеры

Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подп.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	17-4005-Л-П-ПЗ 2.6.1	Лист

Формат А4

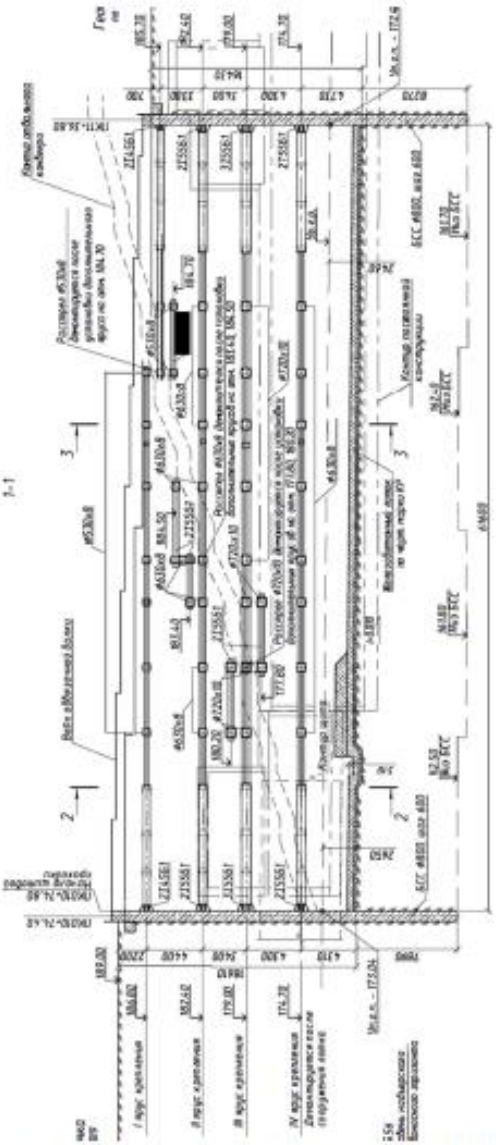


Рис. 3. Разрез 1-1. Продольный разрез ограждения котлована и распорных креплений проектируемой монтажно-щитовой камеры

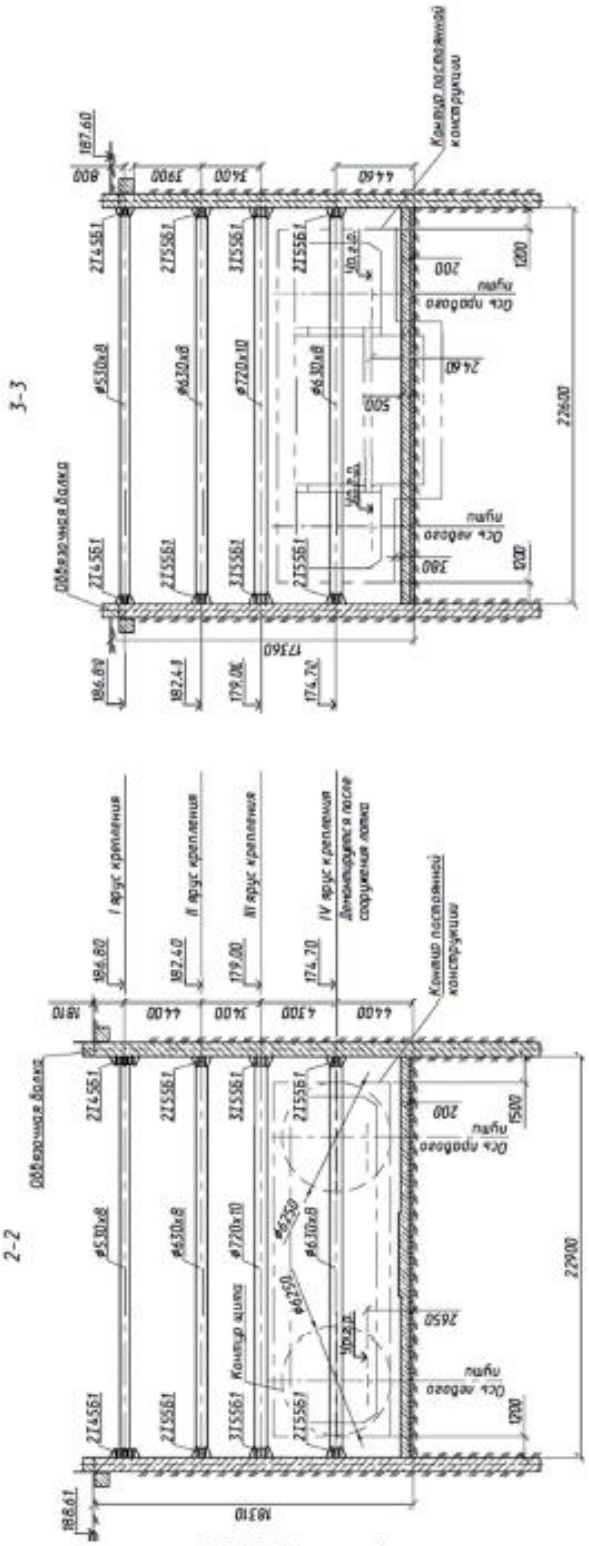


Рис. 4. Разрез 1-1. Поперечное сечение 2-2, 3-3 ограждения котлована и распорных креплений проектируемой монтажно-щитовой камеры

Взам. инв. №	Подп. И дата	Инв. № подп.

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	17-4005-Л-П-ПЗ 2.6.1	Лист

Формат А4

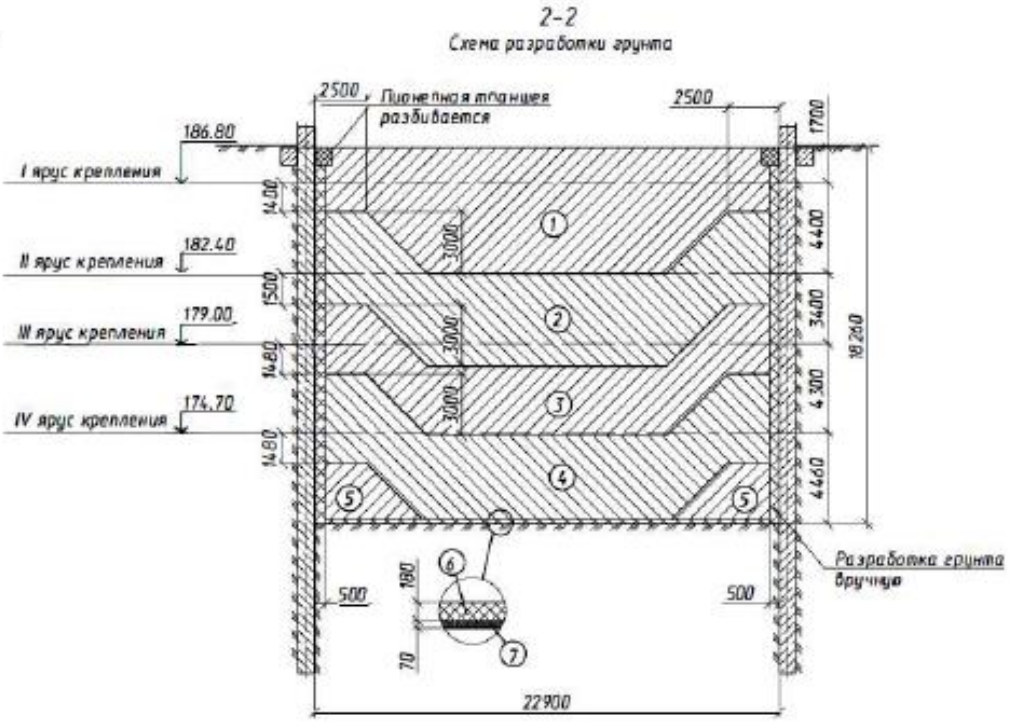


Рис. 5. Разрез 1-1. Поперечный разрез ограждения котлована проектируемой монтажно-щитовой камеры

Взам. инв. №	
Подп. И дата	
Инв. № подп.	

Изм.	Кол.уч.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	17-4005-Л-П-ПЗ 2.6.1	Лист

Формат А4

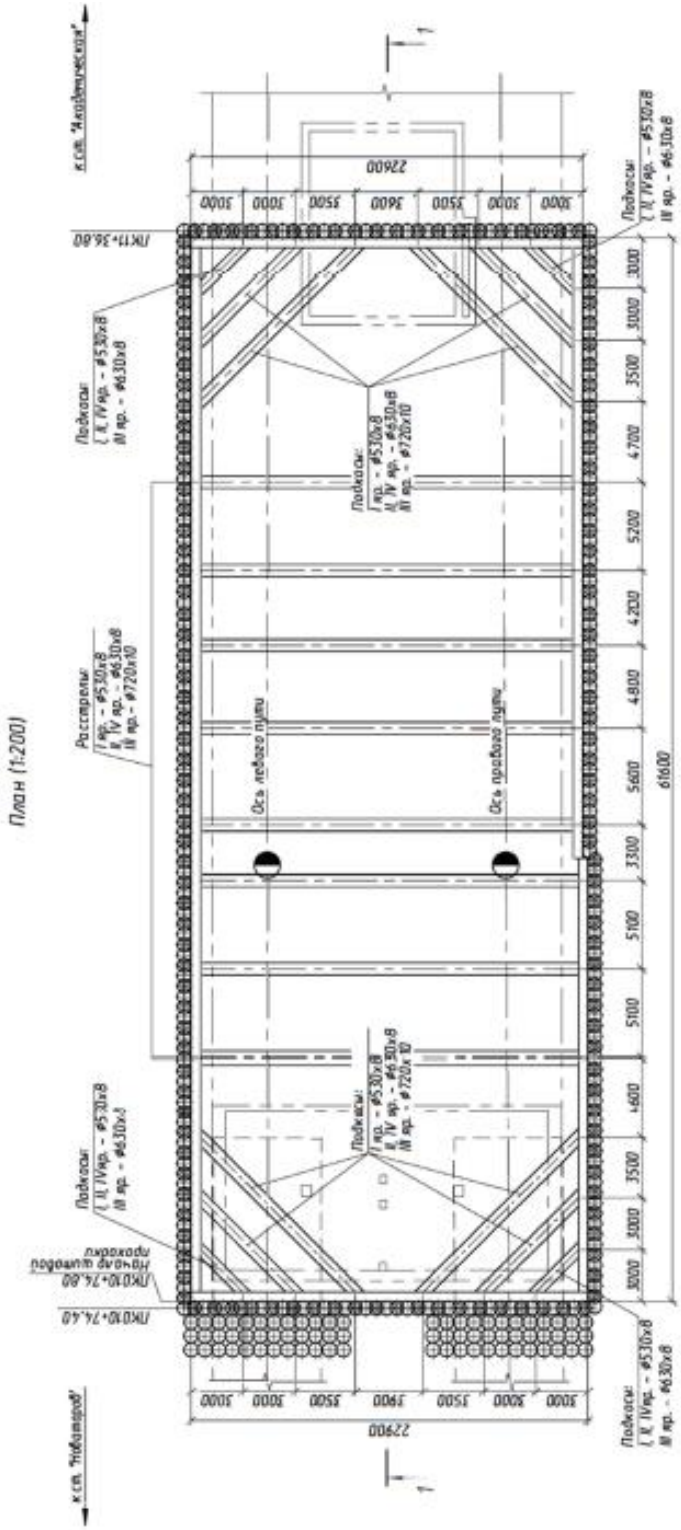


Рис. 6. Разрез 1-1. План устройства распорной системы котлована проектируемой монтажно-щитовой камеры

2.2. Описание объемов и видов работ:

1) Оценка влияния производства работ на сооружения окружающей застройки, а также на действующие инженерные коммуникации;

2) Разработка программы геотехнического мониторинга на сооружения окружающей застройки, а также за действующими инженерными коммуникациями;

3. СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ И НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

1. Федеральный закон Российской Федерации от 30.12.2009 №384 ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений»;
2. ГОСТ Р 21.1101-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации (с Поправкой);
3. ГОСТ 31937-2011. Межгосударственный стандарт. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния";
4. СП 22.13330.2011. Основания зданий и сооружений;
5. СП 13-102-2003. Правила обследования несущих строительных конструкций зданий и сооружений";
6. ГОСТ 27751-2014. Надежность строительных конструкций и оснований;
7. СП 47.133302012 «Инженерные изыскания для строительства. Основные положения»;
8. СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции»;
9. СП 16.13330.2011 «Стальные конструкции»;
10. СП 63.13330.2012 «Бетонные и железобетонные конструкции»;
11. СП 20.13330.2011 «Нагрузки и воздействия»;
12. СП 45.13330.2012 «Земляные сооружения. Основания и фундаменты»;
13. СП 120.13330.2012 «Метрополитены»;
14. ВСН 127-91 «Нормы по проектированию и производству работ по искусственному понижению уровня грунтовых вод при строительстве тоннелей метрополитенов».

От Заказчика
Заместитель генерального директора
по проектированию
АО «Мосинжпроект»
М.П._____ Р.Х. Черкесов

ПРИЛОЖЕНИЕ К

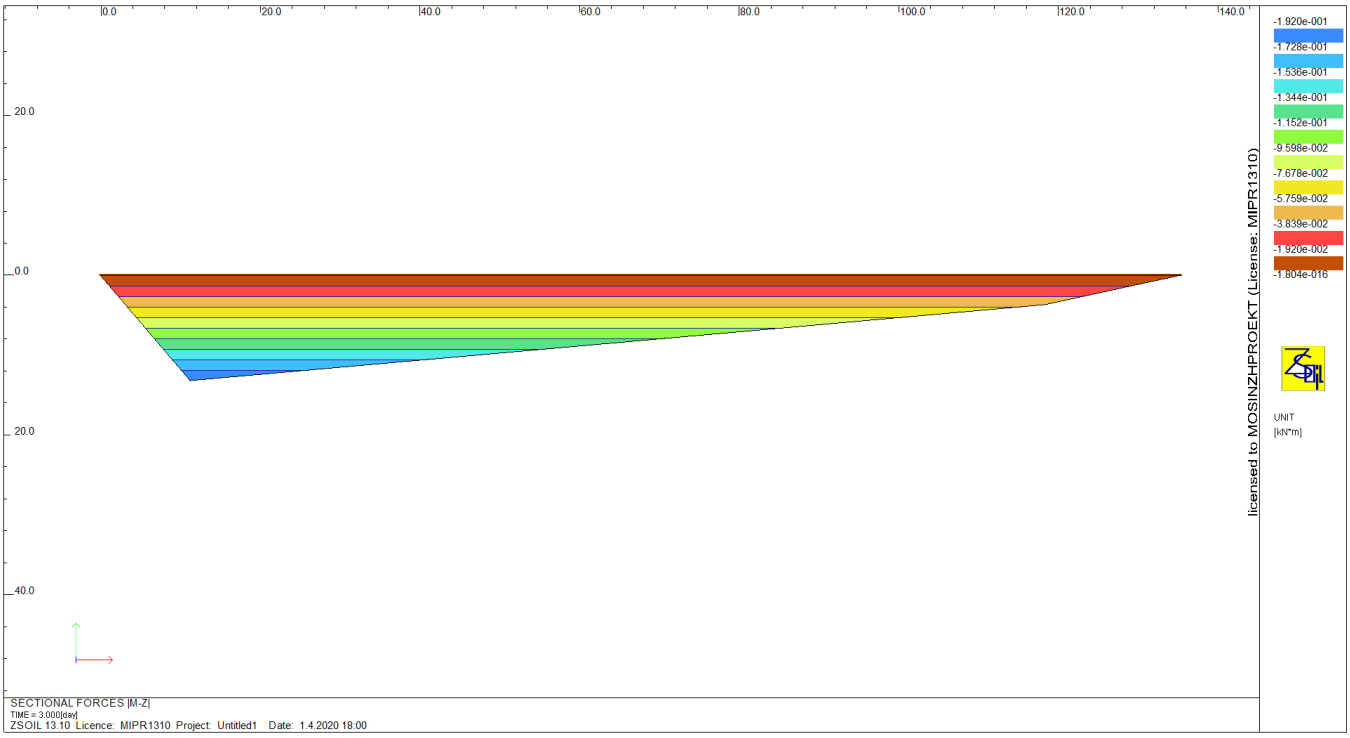
Проверка инженерных коммуникаций по прочности и раскрытию стыков

К.1. Газопровод Dн=600 мм (расчетное сечение 3-3, позиция 3)

Расчет ведем в соответствии с [1.4.7].

Исходные данные:

Тип коммуникации: газопровод;
Рассматриваемая коммуникация относится к простой геотехнической категории.
Длина участка: 135.25 м;
Диаметр трубы: 630 мм;
Толщина стенки трубы: 7 мм;
Фактическая толщина стенки трубы: 5 мм;
Напорность: напорная;
Давление: 0.3 МПа;
Равнопрочность: равнопрочная;
Материал: сталь;
Возраст: 0-10 лет;
Тип стали: углеродистая;
Температура эксплуатации: -40°С...+20°С.



Эпюра моментов от вертикальных перемещений

Максимальное значение изгибающего момента от дополнительных перемещений М = 0.191955 кНм. Максимальные суммарные перемещения составляют 3.84872 мм.
Проверка прочности газопровода производится из условия:

$$\sigma_{п} + \sigma_{п.д.} < \sigma_{пр.}$$

Напряжения от рабочего давления:

$$\sigma_{п.д.} = \mu \frac{pD_{вн}}{2\delta} = 0.28 \frac{300 * 0.62}{2 * 0.005} = 5208 \text{ кПа} = 5.208 \text{ МПа}.$$

Напряжения от дополнительных перемещений:

$$\sigma_{п} = \frac{M}{W} = \frac{0.191955}{0.0015219} = 126.128 \text{ кПа} = 0.126128 \text{ МПа}.$$

Допустимые напряжения $\sigma_{пр.}$ определяются по формуле:

$$\sigma_{пр.} = \frac{\gamma_c \gamma_{ct}}{\gamma_m \gamma_{ty} \gamma_n} R_{yn}$$

Расчетное сопротивление стали R_{yn} = 225 МПа;
Коэффициент условий работы γ_c = 0.55 для газопровода;
Коэффициент условий работы γ_{ct} = 1;
Коэффициент надежности по материалу γ_m = 1.15;
Поправочный коэффициент надежности по материалу труб, учитывающий расчетную температуру эксплуатации подземной коммуникации γ_{ty} = 1;
Коэффициент надежности по назначению трубопровода γ_n = 1.

$$\sigma_{пр.} = \frac{0.55 * 1}{1.15 * 1 * 1} * 225 = 107.609 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{п} + \sigma_{п.д.} = 0.126128 + 5.208 = 5.33413 \text{ МПа} < \sigma_{пр.} = 107.609 \text{ МПа}$$

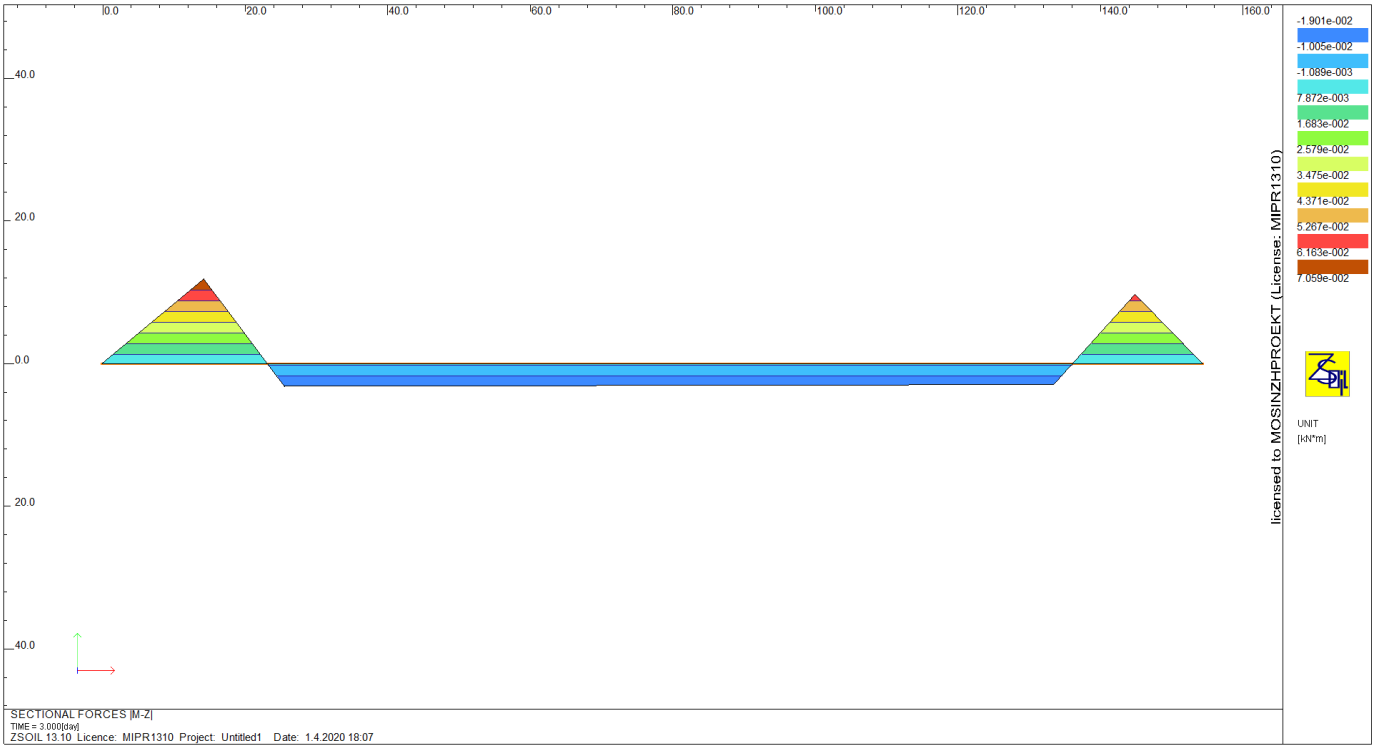
Условие прочности выполнено с коэффициентом запаса = 20.1736.

К.2. Водоснабжение Dн=300 мм (расчетное сечение 3-3; 4-4, позиция 4)
Расчет ведем в соответствии с [1.4.7].

Исходные данные:

Тип коммуникации: водопровод с холодной водой;
Рассматриваемая коммуникация относится к простой геотехнической категории.
Длина участка: 154.2 м;
Диаметр трубы: 325 мм;
Толщина стенки трубы: 4 мм;
Фактическая толщина стенки трубы: 2 мм;
Напорность: напорная;
Давление: 2 МПа;
Равнопрочность: равнопрочная;
Материал: сталь;
Возраст: 0-10 лет;

Тип стали: углеродистая;
Температура эксплуатации: -40°С...+20°С.



Эпюра моментов от вертикальных перемещений

Максимальное значение изгибающего момента от дополнительных перемещений М = 0.0705948 кНм. Максимальные суммарные перемещения составляют 9.01535 мм.
Проверка прочности водопровода с холодной водой производится из условия:

$$\sigma_{п} + \sigma_{п.д.} < \sigma_{пр.}$$

Напряжения от рабочего давления:

$$\sigma_{п.д.} = \mu \frac{p D_{вн}}{2\delta} = 0.28 \frac{2000 * 0.321}{2 * 0.002} = 44940 \text{ кПа} = 44.94 \text{ МПа.}$$

Напряжения от дополнительных перемещений:

$$\sigma_{п} = \frac{M}{W} = \frac{0.0705948}{0.000162877} = 433.423 \text{ кПа} = 0.433423 \text{ МПа.}$$

Допустимые напряжения $\sigma_{пр.}$ определяются по формуле:

$$\sigma_{\text{пр.}} = \frac{\gamma_c \gamma_{ct}}{\gamma_m \gamma_{ty} \gamma_n} R_{yn}$$

Расчетное сопротивление стали R_{yn} = 225 МПа;
Коэффициент условий работы γ_c = 0.85 для водопровода с холодной водой;
Коэффициент условий работы γ_{ct} = 1;
Коэффициент надежности по материалу γ_m = 1.15;
Поправочный коэффициент надежности по материалу труб, учитывающий расчетную температуру эксплуатации подземной коммуникации γ_{ty} = 1;
Коэффициент надежности по назначению трубопровода γ_n = 1.

$$\sigma_{\text{пр.}} = \frac{0.85 * 1}{1.15 * 1 * 1} * 225 = 166.304 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{\text{п}} + \sigma_{\text{п.д.}} = 0.433423 + 44.94 = 45.3734 \text{ МПа} < \sigma_{\text{пр.}} = 166.304 \text{ МПа}$$

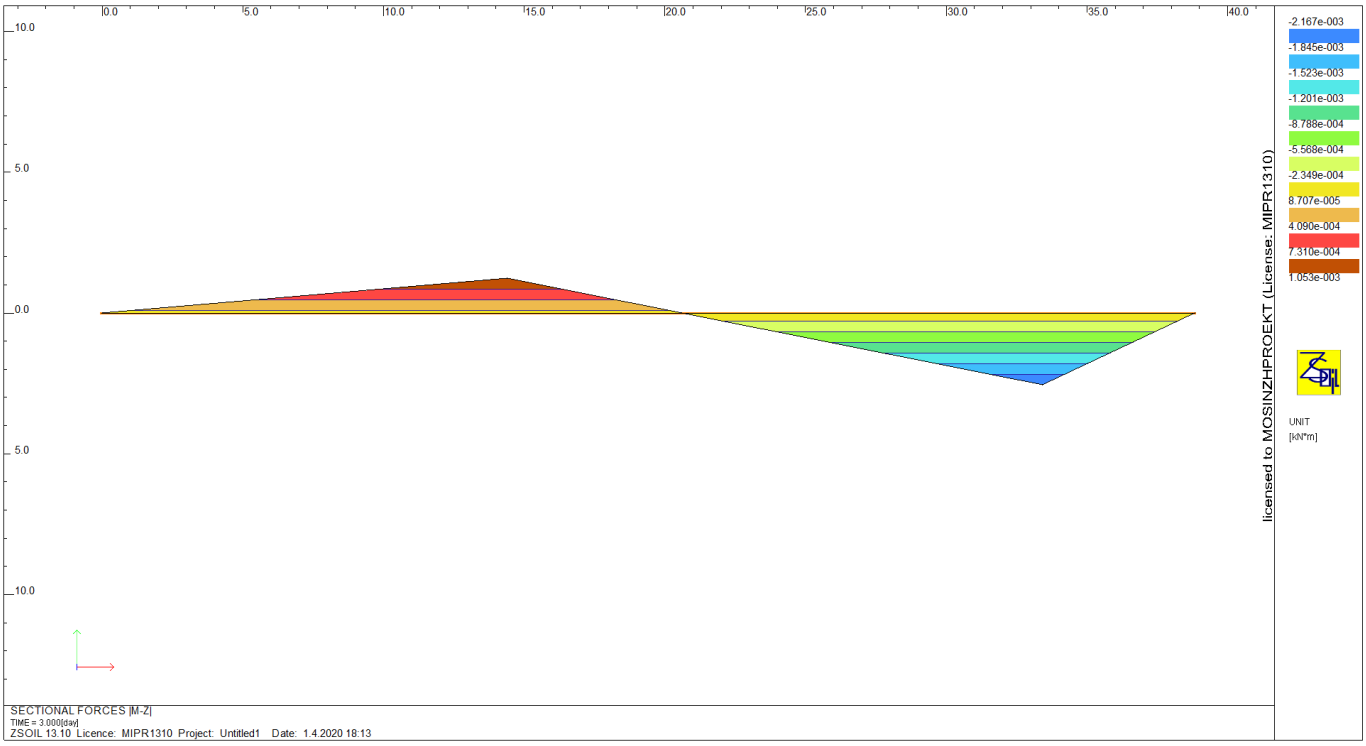
Условие прочности выполнено с коэффициентом запаса = 3.66524.

К.3. Теплосеть Dн=125 мм (расчетное сечение 3-3; 4-4, позиция 5)

Расчет ведем в соответствии с [1.4.7].

Исходные данные:

Тип коммуникации: теплосеть;
Рассматриваемая коммуникация относится к простой геотехнической категории.
Длина участка: 38.8 м;
Диаметр трубы: 121 мм;
Толщина стенки трубы: 3 мм;
Фактическая толщина стенки трубы: 1 мм;
Напорность: напорная;
Давление: 2 МПа;
Равнопрочность: равнопрочная;
Материал: сталь;
Возраст: 0-10 лет;
Тип стали: углеродистая;
Температура эксплуатации: -40°С...+20°С.



Эпюра моментов от вертикальных перемещений

Максимальное значение изгибающего момента от дополнительных перемещений М = 0.00216653 кНм. Максимальные суммарные перемещения составляют 4.02986 мм. Проверка прочности теплосети производится из условия:

$$\sigma_{п} + \sigma_{п.д.} < \sigma_{пр.}$$

Напряжения от рабочего давления:

$$\sigma_{п.д.} = \mu \frac{p D_{вн}}{2\delta} = 0.28 \frac{2000 * 0.119}{2 * 0.001} = 33320 \text{ кПа} = 33.32 \text{ МПа.}$$

Напряжения от дополнительных перемещений:

$$\sigma_{п} = \frac{M}{W} = \frac{0.00216653}{1.1217e\text{-}05} = 193.147 \text{ кПа} = 0.193147 \text{ МПа.}$$

Допустимые напряжения $\sigma_{пр.}$ определяются по формуле:

$$\sigma_{пр.} = \frac{\gamma_c \gamma_{ct}}{\gamma_m \gamma_{ty} \gamma_n} R_{yn}$$

Расчетное сопротивление стали R_{yn} = 225 МПа;
Коэффициент условий работы γ_c = 0.8 для теплосети;

Коэффициент условий работы γ_{ct} = 1;
Коэффициент надежности по материалу γ_m = 1.15;
Поправочный коэффициент надежности по материалу труб, учитывающий расчетную температуру эксплуатации подземной коммуникации γ_{ty} = 1;
Коэффициент надежности по назначению трубопровода γ_n = 1.

$$\sigma_{пр.} = \frac{0.8 * 1}{1.15 * 1 * 1} * 225 = 156.522 \text{ МПа}$$

$$\sigma_п + \sigma_{п.д.} = 0.193147 + 33.32 = 33.5131 \text{ МПа} < \sigma_{пр.} = 156.522 \text{ МПа}$$

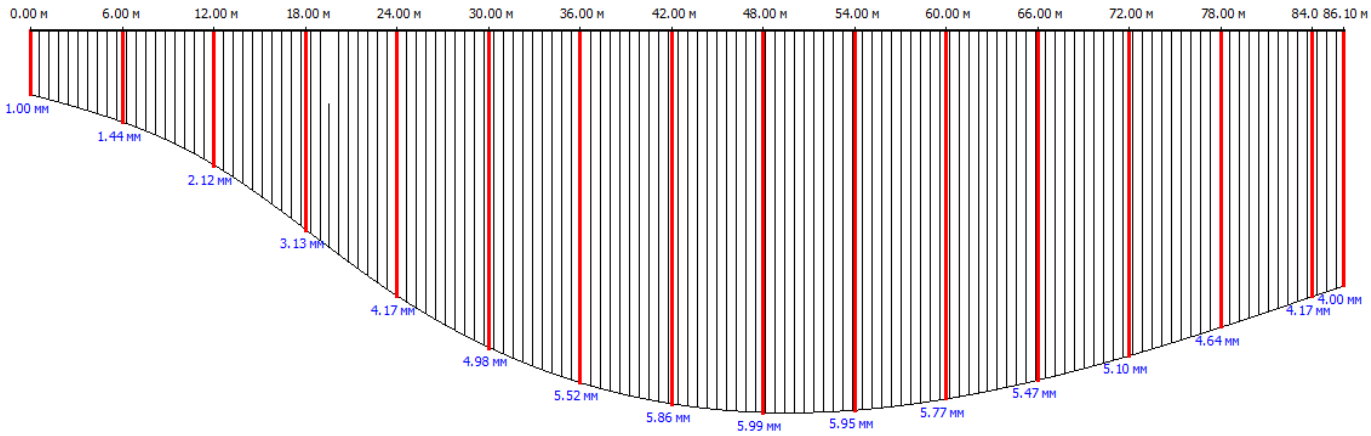
Условие прочности выполнено с коэффициентом запаса = 4.67046.

К.4. Кабельная канализация Dн=400 мм (расчетное сечение 1-1; 3-3, позиция 6)

Расчет ведем в соответствии с [1.4.7].

Исходные данные:

Тип коммуникации: канализация;
Рассматриваемая коммуникация относится к простой геотехнической категории.
Длина участка: 86.1 м;
Диаметр трубы: 400 мм;
Толщина стенки трубы: 50 мм;
Длина секции: 6 м;
Равнопрочность: неравнопрочная;
Материал: железобетон.



Эпюра вертикальных перемещений

Проверка герметичности неравнопрочных стыковых соединений выполняется в результате проверки условия:

$$\Delta_{lim} \geq \Delta_k + \Delta_c$$

Осевое раскрытие стыка в результате продольных деформаций грунта и изгиба трубопровода определяется по формуле:

$$\Delta_k = \Delta_\varepsilon + \Delta_\xi$$

$$\Delta_\varepsilon = 0$$

Осевое раскрытие стыка в результате изгиба трубопровода определяется по формуле:

$$\Delta_\xi = l_{sec}\frac{D_н}{\rho}$$

Общий радиус кривизны изгиба трубопровода в пространстве:

$$\rho = \frac{1}{K} \approx \frac{1}{\sqrt{K_y{}^2 + K_z{}^2}}$$

Радиусы кривизны в вертикальной и горизонтальной плоскостях определяются по формулам:

$$\rho_y = \frac{1}{K_y} = \frac{\Delta x_{cp}}{i_y{}^n - i_y{}^{n-1}}$$

$$\rho_z = \frac{1}{K_z} = \frac{\Delta x_{cp}}{i_z{}^n - i_z{}^{n-1}}$$

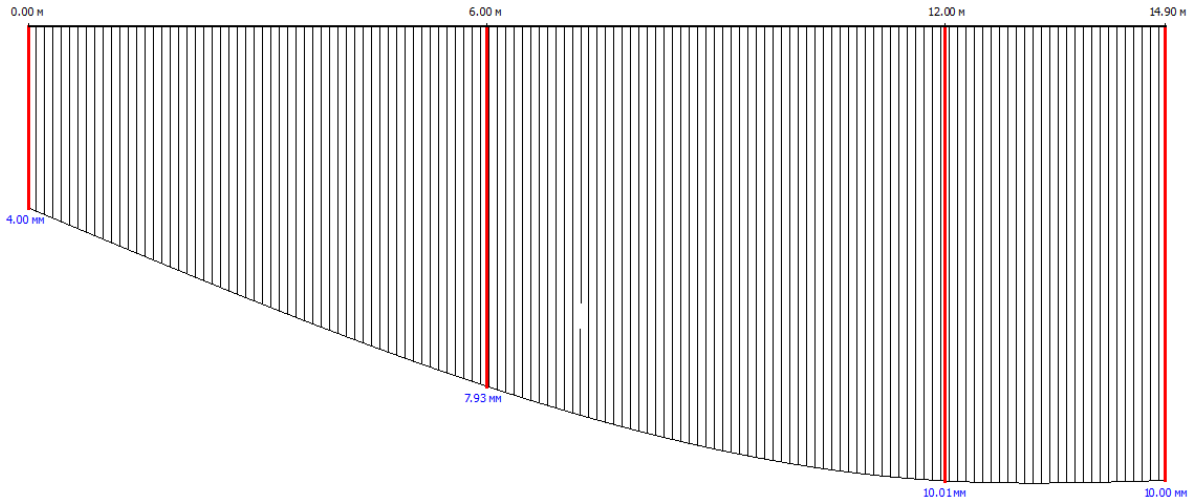
По результатам анализа деформаций трубопровода установлено, что минимальный радиус кривизны в вертикальной плоскости составляет 79875.2м.
Минимальный общий радиус изгиба трубопровода составляет 79875.2м.
Осевое раскрытие стыка составляет 0.00003м.
Предельно допустимое раскрытие стыка составляет 0.003м.
Δ_c = 0.0006м – величина оставляемого при строительстве зазора между концами труб в стыке.
Условие $\Delta_{lim} \geq \Delta_k + \Delta_c$ выполнено (0.003м > 0.00003 + 0.0006 = 0.00063м)

К.5. Кабельная канализация Dн=500 мм (расчетное сечение 3-3, позиция 7)

Расчет ведем в соответствии с [1.4.7].

Исходные данные:

Тип коммуникации: канализация;
Рассматриваемая коммуникация относится к простой геотехнической категории.
Длина участка: 14.9 м;
Диаметр трубы: 500 мм;
Толщина стенки трубы: 50 мм;
Длина секции: 6 м;
Равнопрочность: неравнопрочная;
Материал: железобетон.



Эпюра вертикальных перемещений

Проверка герметичности неравнопрочных стыковых соединений выполняется в результате проверки условия:

$$\Delta_{lim} \geq \Delta_k + \Delta_c$$

Осевое раскрытие стыка в результате продольных деформаций грунта и изгиба трубопровода определяется по формуле:

$$\Delta_k = \Delta_\varepsilon + \Delta_\xi$$

$$\Delta_\varepsilon = 0$$

Осевое раскрытие стыка в результате изгиба трубопровода определяется по формуле:

$$\Delta_\xi = l_{sec} \frac{D_н}{\rho}$$

Общий радиус кривизны изгиба трубопровода в пространстве:

$$\rho = \frac{1}{K} \approx \frac{1}{\sqrt{K_y{}^2 + K_z{}^2}}$$

Радиусы кривизны в вертикальной и горизонтальной плоскостях определяются по формулам:

$$\rho_y = \frac{1}{K_y} = \frac{\Delta x_{cp}}{i_y{}^n - i_y{}^{n-1}}$$

$$\rho_z = \frac{1}{K_z} = \frac{\Delta x_{cp}}{i_z{}^n - i_z{}^{n-1}}$$

По результатам анализа деформаций трубопровода установлено, что минимальный радиус кривизны в вертикальной плоскости составляет 9871.15м.
Минимальный общий радиус изгиба трубопровода составляет 9871.15м.
Осевое раскрытие стыка составляет 0.00030м.
Предельно допустимое раскрытие стыка составляет 0.003м.
Δ_c = 0.0006м – величина оставляемого при строительстве зазора между концами труб в стыке.
Условие $\Delta_{lim} \geq \Delta_k + \Delta_c$ выполнено (0.003м > 0.00030 + 0.0006 = 0.00090м)

К.6. Прочностной расчет конструкций коллектора из ж/б 3500х3200 мм (расчетное сечение 1-1)

а) Лотковый блок

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 25,53 кНм =0,026 МНм;	Изгибающий момент M = 24,254 кНм =0,024 МНм;
Продольная сила N = 35,3 кНм =0,035 МНм;	Продольная сила N = 33,535 кНм =0,034 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 3 см =0,03 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 3 см =0,03 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,868 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,009 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,0024 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,031 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,069 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 2,237; процент использования = 44,7 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,419 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0332 МНм	
Так как M = 0,024 МНм < Mcrc = 0,033 МНм, то трещины не образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 1,368	

б) Стеновой блок

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 57,77 кНм =0,058 МНм;	Изгибающий момент M = 54,882 кНм =0,055 МНм;
Продольная сила N = 85 кНм =0,085 МНм;	Продольная сила N = 80,75 кНм =0,081 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 320 см =3,2 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø14 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 7,7 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,839 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,0436 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,012 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,071 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,108 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 1,517; процент использования = 65,91 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,486 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0361 МНм	
Так как M = 0,055 МНм > Mcrc = 0,036 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 0,657	
Расчет внецентренно сжатых элементов по раскрытию трещин	
Величина продолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 = 0,183 мм	
Так как acrc = 0,183 мм < acrc,ult = 0,2 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,092; процент использования = 91,59 %	

Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,183 мм
Так как acrc = 0,183 мм < acrc,ult = 0,3 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,638; процент использования = 61,06 %

в) Плита покрытия

Расчет изгибаемых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 66,495 кНм =0,066 МНм;	Изгибающий момент M = 0,066 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см 1 м	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 2,5 см =0,025 м;	
7 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 7,92 см2;	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 2,5 см =0,025 м;	
7 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 7,92 см2;	
Расчет изгибаемых элементов по прочности	
Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов ведется из условия M ≤ Mult, где	
M = 0,066 МНм;	
Mult - предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением.	
Mult для изгибаемых элементов прямоугольного сечения при ξ = x/h0 < ξR определяют по формуле:	
Mult=Rb*b*x*(h0-0,5*x)+Rsc*A's*(h0-a'), где x=(Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b);	
Условие прочности: M = 0,066 МНм ≤ Mult = 0,086 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
M/Mult = 1,295	
Расчет изгибаемых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl = 0,0324 МНм	
Так как M = 0,05 МНм > Mcrc = 0,032 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	

Mcrc/M = 0,648
Расчет изгибаемых элементов по раскрытию трещин
Величина продолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 = 0,095 мм
Так как acrc = 0,095 мм < acrc,ult = 0,15 мм. Условие выполнено (по п.5.6.5.7 СП 120.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,581; процент использования = 63,26 %
Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,095 мм
Так как acrc = 0,095 мм < acrc,ult = 0,15 мм. Условие выполнено (по п.5.6.5.7 СП 120.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,581; процент использования = 63,26 %

К.7. Прочностной расчет конструкций коллектора из ж/б 3000х2700 мм (расчетное сечение 2-2)

а) Лотковый блок

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 15,4 кНм =0,015 МНм;	Изгибающий момент M = 14,63 кНм =0,015 МНм;
Продольная сила N = 33,6 кНм =0,034 МНм;	Продольная сила N = 31,92 кНм =0,032 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 3 см =0,03 м;	
6 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 6,79 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 3 см =0,03 м;	
6 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 6,79 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,596 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,0086 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,0023 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,02 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,08 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 3,986; процент использования = 25,09 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,503 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0333 МНм	

Так как M = 0,015 МНм < Mcrc = 0,033 МНм, то трещины не образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)
Коэффициент запаса по трещиностойкости:
Mcrc/M = 2,279

б) Стеновой блок

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 15,4 кНм =0,015 МНм;	Изгибающий момент M = 14,63 кНм =0,015 МНм;
Продольная сила N = 26,5 кНм =0,027 МНм;	Продольная сила N = 25,175 кНм =0,025 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 320 см =3,2 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 3 см =0,03 м;	
6 стержней Ø14 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 9,24 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 3 см =0,03 м;	
6 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 6,79 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,717 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,034 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,0092 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,019 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,106 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 5,586; процент использования = 17,9 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,593 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0334 МНм	
Так как M = 0,015 МНм < Mcrc = 0,033 МНм, то трещины не образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 2,282	

в) Плита покрытия

Расчет изгибаемых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 6,82 кНм =0,007 МНм;	Изгибающий момент M = 0,007 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 300 см =3 м;	
Высота сечения h = 70 см =0,7 м;	
Ширина сечения b = 20 см 0,2 м	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 5 см =0,05 м;	
7 стержней Ø6 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 1,98 см2;	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 5 см =0,05 м;	
7 стержней Ø6 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 1,98 см2;	
Расчет изгибаемых элементов по прочности	
Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов ведется из условия M ≤ Mult, где	
M = 0,007 МНм;	
Mult - предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением.	
Mult для изгибаемых элементов, имеющих полку в сжатой зоне, при ξ = x/h0 < ξR определяют в зависимости от положения границы сжатой зоны:	
Так как условие Rs*As < Rb*b'f*h'f + Rsc*A's выполняется (п. 8.1.10 СП 63.13330.2012);	
Mult=Rb*b*x*(h0-0,5*x)+Rsc*A's*(h0-a'), где x=(Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b);	
Условие прочности: M = 0,007 МНм ≤ Mult = 0,025 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
M/Mult = 3,656	
Расчет изгибаемых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl = 0,0467 МНм	
Так как M = 0,006 МНм < Mcrc = 0,047 МНм, то трещины не образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 7,935	

К.8. Прочностной расчет конструкций коллектора из ж/б 3200х3000 мм (расчетное сечение 3-3)

а) Лотковый блок

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 10,54 кНм =0,011 МНм;	Изгибающий момент M = 10,02 кНм =0,01 МНм;
Продольная сила N = 15,29 кНм =0,015 МНм;	Продольная сила N = 14,526 кНм =0,015 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 3200 см =32 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 3 см =0,03 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 3 см =0,03 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 2,603 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,0039 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,0011 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,04 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,063 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 1,587; процент использования = 63,03 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,419 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0322 МНм	
Так как M = 0,01 МНм < Mcrc = 0,032 МНм, то трещины не образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 3,214	

б) Стеновой блок

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 10,54 кНм =0,011 МНм;	Изгибающий момент M = 10,02 кНм =0,01 МНм;
Продольная сила N = 14,06 кНм =0,014 МНм;	Продольная сила N = 13,36 кНм =0,013 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 300 см =3 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 3 см =0,03 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 3 см =0,03 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,884 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,0036 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,001 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,012 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,063 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 5,055; процент использования = 19,78 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,419 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0321 МНм	
Так как M = 0,01 МНм < Mcrc = 0,032 МНм, то трещины не образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 3,208	

в) Плита покрытия

Расчет изгибаемых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 3,014 кНм =0,003 МНм;	Изгибающий момент M = 0,003 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 320 см =3,2 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см 1 м	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 2,5 см =0,025 м;	
7 стержней Ø6 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 1,98 см2;	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 2,5 см =0,025 м;	
7 стержней Ø6 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 1,98 см2;	
Расчет изгибаемых элементов по прочности	
Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов ведется из условия M ≤ Mult, где	
M = 0,003 МНм;	
Mult - предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением.	
Mult для изгибаемых элементов прямоугольного сечения при ξ = x/h0 < ξR определяют по формуле:	
Mult=Rb*b*x*(h0-0,5*x)+Rsc*A's*(h0-a'), где x=(Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b);	
Условие прочности: M = 0,003 МНм ≤ Mult = 0,017 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
M/Mult = 5,746	
Расчет изгибаемых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl = 0,0347 МНм	
Так как M = 0,003 МНм < Mcrc = 0,035 МНм, то трещины не образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 13,34	

К.9. Прочностной расчет конструкций коллектора из ж/б 3500х3200 мм (расчетное сечение 4-4)

а) Лотковый блок

Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 11,26 кНм =0,011 МНм;	Изгибающий момент M = 9,571 кНм =0,01 МНм;
Продольная сила N = 25,33 кНм =0,025 МНм;	Продольная сила N = 21,531 кНм =0,022 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 3 см =0,03 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 3 см =0,03 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,581 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,0065 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,0017 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,015 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,066 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 4,475; процент использования = 22,35 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,419 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0326 МНм	
Так как M = 0,01 МНм < Mcrc = 0,033 МНм, то трещины не образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 3,402	

б) Стеновой блок

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 11,26 кНм =0,011 МНм;	Изгибающий момент M = 9,571 кНм =0,01 МНм;
Продольная сила N = 15,83 кНм =0,016 МНм;	Продольная сила N = 13,456 кНм =0,013 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 320 см =3,2 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 3 см =0,03 м;	
5 стержней Ø14 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 7,7 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 3 см =0,03 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,846 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,0267 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,0072 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,013 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,087 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 6,489; процент использования = 15,41 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,494 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0325 МНм	
Так как M = 0,01 МНм < Mcrc = 0,032 МНм, то трещины не образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 3,393	

в) Плита покрытия

Расчет изгибаемых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 2,27 кНм =0,002 МНм;	Изгибающий момент M = 0,002 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см 1 м	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 5 см =0,05 м;	
7 стержней Ø6 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 1,98 см2;	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 5 см =0,05 м;	
7 стержней Ø6 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 1,98 см2;	
Расчет изгибаемых элементов по прочности	
Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов ведется из условия M ≤ Mult, где	
M = 0,002 МНм;	
Mult - предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением.	
Mult для изгибаемых элементов прямоугольного сечения при ξ = x/h0 < ξR определяют по формуле:	
Mult=Rb*b*x*(h0-0,5*x)+Rsc*A's*(h0-a'), где x=(Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b);	
Условие прочности: M = 0,002 МНм ≤ Mult = 0,008 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
M/Mult = 3,662	
Расчет изгибаемых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl = 0,0306 МНм	
Так как M = 0,002 МНм < Mcrc = 0,031 МНм, то трещины не образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 15,847	

К.10. Прочностной расчет конструкций коллектора из ж/б 3500х3200 мм (расчетное сечение 5-5)

Часть 1. Устройство технологической дороги без защитных мероприятий

а) Лотковый блок (Нагрузка по первой схеме)

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 69,58 кНм =0,07 МНм;	Изгибающий момент M = 59,143 кНм =0,059 МНм;
Продольная сила N = 101,6 кНм =0,102 МНм;	Продольная сила N = 86,36 кНм =0,086 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 3 см =0,03 м;	
7 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 7,92 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 3 см =0,03 м;	
7 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 7,92 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,849 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,026 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,007 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,086 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,11 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 1,272; процент использования = 78,64 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,586 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0364 МНм	
Так как M = 0,059 МНм > Mcrc = 0,036 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 0,615	
Расчет внецентренно сжатых элементов по раскрытию трещин	
Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,211 мм	
Так как acrc = 0,211 мм < acrc,ult = 0,3 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)	

Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,424; процент использования = 70,22 %

б) Стеновой блок (Нагрузка по первой схеме)

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 41,66 кНм =0,042 МНм;	Изгибающий момент M = 35,411 кНм =0,035 МНм;
Продольная сила N = 143,2 кНм =0,143 МНм;	Продольная сила N = 121,72 кНм =0,122 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 320 см =3,2 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø14 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 7,7 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,441 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,0582 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,016 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,063 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,123 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 1,953; процент использования = 51,21 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,486 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0382 МНм	
Так как M = 0,035 МНм < Mcrc = 0,038 МНм, то трещины не образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 1,078	

в) Плита покрытия (Нагрузка по первой схеме)

Расчет изгибаемых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 53,22 кНм =0,053 МНм;	Изгибающий момент M = 0,053 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см 1 м	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 5,65 см2;	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2;	
Расчет изгибаемых элементов по прочности	
Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов ведется из условия M ≤ Mult, где	
M = 0,053 МНм;	
Mult - предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением.	
Mult для изгибаемых элементов прямоугольного сечения при ξ = x/h0 < ξR определяют по формуле:	
Mult=Rb*b*x*(h0-0,5*x)+Rsc*A's*(h0-a'), где x=(Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b);	
Условие прочности: M = 0,053 МНм ≤ Mult = 0,061 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
M/Mult = 1,155	
Расчет изгибаемых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl = 0,0318 МНм	
Так как M = 0,045 МНм > Mcrc = 0,032 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 0,702	
Расчет изгибаемых элементов по раскрытию трещин	
Величина продолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 = 0,119 мм	
Так как acrc = 0,119 мм < acrc,ult = 0,2 мм. Условие выполнено (по п.5.6.5.7 СП 120.13330.2012)	
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,681; процент использования = 59,5 %	

Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,119 мм
Так как acrc = 0,119 мм < acrc,ult = 0,3 мм. Условие выполнено (по п.5.6.5.7 СП 120.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 2,521; процент использования = 39,67 %

а) Лотковый блок (Нагрузка по второй схеме)

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 74,33 кНм =0,074 МНм;	Изгибающий момент M = 63,18 кНм =0,063 МНм;
Продольная сила N = 108,5 кНм =0,109 МНм;	Продольная сила N = 92,23 кНм =0,092 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 3 см =0,03 м;	
7 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 7,92 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 3 см =0,03 м;	
7 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 7,92 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,852 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,0277 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,0075 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,092 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,112 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 1,207; процент использования = 82,88 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,586 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0367 МНм	
Так как M = 0,063 МНм > Mcrc = 0,037 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 0,581	
Расчет внецентренно сжатых элементов по раскрытию трещин	
Величина продолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 = 0,238 мм	

Так как acrc = 0,238 мм > acrc,ult = 0,2 мм. Условие не выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)

Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 0,842; процент использования = 118,76 %

Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,238 мм

Так как acrc = 0,238 мм < acrc,ult = 0,3 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)

Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,263; процент использования = 79,18 %

б) Стеновой блок (Нагрузка по второй схеме)

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям

Исходные данные

1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 56,82 кНм =0,057 МНм;	Изгибающий момент M = 48,297 кНм =0,048 МНм;
Продольная сила N = 132,7 кНм =0,133 МНм;	Продольная сила N = 112,795 кНм =0,113 МНм;

2) Размеры элемента:

Длина элемента или расстояние между точками закрепления

l = 320 см =3,2 м;

Высота сечения h = 30 см =0,3 м;

Ширина сечения b = 100 см =1 м;

Толщина защитного слоя

Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 2,5 см =0,025 м;

5 стержней Ø14 мм;

Площадь арматуры в растянутой зоне As = 7,7 см2; класс арматуры А500с

Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 2,5 см =0,025 м;

5 стержней Ø12 мм;

Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2; класс арматуры А500с

Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности

Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:

e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,588 м;

Относительная высота сжатой зоны:

Так как ξ = x/h0 = 0,0556 ≤ ξR = 0,4934

Высота сжатой зоны:

x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,0153 м;

Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')

N*e = 0,078 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,121 МНм

Условие выполнено

Коэффициент запаса по прочности:

(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 1,547; процент использования = 64,63 %

Коэффициент армирования:

μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,486 %

Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин

Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:

Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0377 МНм

Так как M = 0,048 МНм > Mcrc = 0,038 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)

Коэффициент запаса по трещиностойкости:

Mcrc/M = 0,781

Расчет внецентренно сжатых элементов по раскрытию трещин

Величина продолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 = 0,124 мм

Так как acrc = 0,124 мм < acrc,ult = 0,2 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,607; процент использования = 62,25 %
Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,124 мм
Так как acrc = 0,124 мм < acrc,ult = 0,3 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 2,41; процент использования = 41,5 %

в) Плита покрытия (Нагрузка по второй схеме)

Расчет изгибаемых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 61,76 кНм =0,062 МНм;	Изгибающий момент M = 0,062 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см 1 м	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 5,65 см2;	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2;	
Расчет изгибаемых элементов по прочности	
Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов ведется из условия M ≤ Mult, где	
M = 0,062 МНм;	
Mult - предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением.	
Mult для изгибаемых элементов прямоугольного сечения при ξ = x/h0 < ξR определяют по формуле:	
Mult=Rb*b*x*(h0-0,5*x)+Rsc*A's*(h0-a'), где x=(Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b);	
Условие прочности: M = 0,062 МНм > Mult = 0,061 МНм	
Условие не выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
M/Mult = 0,996	

Часть 2. Устройство технологической дороги с учетом защитных мероприятий
а) Лотковый блок (Нагрузка по первой схеме)

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 59,89 кНм =0,06 МНм;	Изгибающий момент M = 50,9 кНм =0,051 МНм;
Продольная сила N = 102,2 кНм =0,102 МНм;	Продольная сила N = 86,87 кНм =0,087 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 3 см =0,03 м;	
7 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 7,92 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 3 см =0,03 м;	
7 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 7,92 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,746 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,0261 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,007 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,076 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,11 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 1,442; процент использования = 69,36 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,586 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0364 МНм	
Так как M = 0,051 МНм > Mcrc = 0,036 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 0,716	
Расчет внецентренно сжатых элементов по раскрытию трещин	
Величина продолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 = 0,151 мм	
Так как acrc = 0,151 мм < acrc,ult = 0,2 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,32; процент использования = 75,73 %	
Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,151 мм	
Так как acrc = 0,151 мм < acrc,ult = 0,3 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)	

Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,981; процент использования = 50,49 %

б) Стеновой блок (Нагрузка по первой схеме)

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 60,49 кНм =0,06 МНм;	Изгибающий момент M = 51,417 кНм =0,051 МНм;
Продольная сила N = 129,5 кНм =0,13 МНм;	Продольная сила N = 110,075 кНм =0,11 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 320 см =3,2 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø14 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 7,7 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø14 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 7,7 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,627 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,0325 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,0089 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,081 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,119 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 1,463; процент использования = 68,35 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,56 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0377 МНм	
Так как M = 0,051 МНм > Mcrc = 0,038 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 0,734	
Расчет внецентренно сжатых элементов по раскрытию трещин	
Величина продолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 = 0,147 мм	
Так как acrc = 0,147 мм < acrc,ult = 0,2 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,361; процент использования = 73,47 %	
Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,147 мм	

Так как acrc = 0,147 мм < acrc,ult = 0,3 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 2,042; процент использования = 48,98 %

в) Плита покрытия (Нагрузка по первой схеме)

Расчет изгибаемых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 49,42 кНм =0,049 МНм;	Изгибающий момент M = 0,049 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см 1 м	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 5,65 см2;	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2;	
Расчет изгибаемых элементов по прочности	
Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов ведется из условия M ≤ Mult, где	
M = 0,049 МНм;	
Mult - предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением.	
Mult для изгибаемых элементов прямоугольного сечения при ξ = x/h0 < ξR определяют по формуле:	
Mult=Rb*b*x*(h0-0,5*x)+Rsc*A's*(h0-a'), где x=(Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b);	
Условие прочности: M = 0,049 МНм ≤ Mult = 0,061 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
M/Mult = 1,244	
Расчет изгибаемых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl = 0,0318 МНм	
Так как M = 0,042 МНм > Mcrc = 0,032 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 0,756	
Расчет изгибаемых элементов по раскрытию трещин	

Величина продолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 = 0,1 мм

Так как acrc = 0,1 мм < acrc,ult = 0,2 мм. Условие выполнено (по п.5.6.5.7 СП 120.13330.2012)

Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 2,009; процент использования = 49,78 %

Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,1 мм

Так как acrc = 0,1 мм < acrc,ult = 0,3 мм. Условие выполнено (по п.5.6.5.7 СП 120.13330.2012)

Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 3,013; процент использования = 33,19 %

а) Лотковый блок (Нагрузка по второй схеме)

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям

Исходные данные

1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 63,82 кНм =0,064 МНм;	Изгибающий момент M = 54,25 кНм =0,054 МНм;
Продольная сила N = 109 кНм =0,109 МНм;	Продольная сила N = 92,65 кНм =0,093 МНм;

2) Размеры элемента:

Длина элемента или расстояние между точками закрепления

l = 350 см =3,5 м;

Высота сечения h = 30 см =0,3 м;

Ширина сечения b = 100 см =1 м;

Толщина защитного слоя

Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 3 см =0,03 м;

7 стержней Ø12 мм;

Площадь арматуры в растянутой зоне As = 7,7 см2; класс арматуры А500с

Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 3 см =0,03 м;

7 стержней Ø12 мм;

Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 7,7 см2; класс арматуры А500с

Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности

Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:

e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,748 м;

Относительная высота сжатой зоны:

Так как ξ = x/h0 = 0,0278 ≤ ξR = 0,4934

Высота сжатой зоны:

x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,0075 м;

Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')

N*e = 0,082 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,109 МНм

Условие выполнено

Коэффициент запаса по прочности:

(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 1,342; процент использования = 74,53 %

Коэффициент армирования:

μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,57 %

Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин

Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:

Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0367 МНм

Так как M = 0,054 МНм > Mcrc = 0,037 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)

Коэффициент запаса по трещиностойкости:

Mcrc/M = 0,676

Расчет внецентренно сжатых элементов по раскрытию трещин

Величина продолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 = 0,179 мм
Так как acrc = 0,179 мм < acrc,ult = 0,2 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,12; процент использования = 89,28 %
Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,179 мм
Так как acrc = 0,179 мм < acrc,ult = 0,3 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,68; процент использования = 59,52 %

б) Стеновой блок (Нагрузка по второй схеме)

Расчет внецентренно сжатых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 56,92 кНм =0,057 МНм;	Изгибающий момент M = 48,382 кНм =0,048 МНм;
Продольная сила N = 131,3 кНм =0,131 МНм;	Продольная сила N = 111,6 кНм =0,112 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 320 см =3,2 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см =1 м;	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø14 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 7,7 см2; класс арматуры А500с	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2; класс арматуры А500с	
Расчет внецентренно сжатых элементов по прочности	
Расстояние от точки приложения силы N до центра тяжести арматуры S:	
e = e0*η + (h0-a')/2 = 0,593 м;	
Относительная высота сжатой зоны:	
Так как ξ = x/h0 = 0,0552 ≤ ξR = 0,4934	
Высота сжатой зоны:	
x = (N+Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b) = 0,0152 м;	
Условие прочности: N*e ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a')	
N*e = 0,078 МНм ≤ Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a') = 0,12 МНм	
Условие выполнено	
Коэффициент запаса по прочности:	
(Rb*b*x*(h0-0,5*x) + Rsc*A's*(h0-a'))/(N*e) = 1,545; процент использования = 64,74 %	
Коэффициент армирования:	
μs = ((As+A's)/(b*h0))*100% = 0,486 %	
Расчет внецентренно сжатых элементов по образованию трещин	
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:	
Mcrc = Rbt,ser * Wpl ± N * ex = 0,0377 МНм	
Так как M = 0,048 МНм > Mcrc = 0,038 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)	
Коэффициент запаса по трещиностойкости:	
Mcrc/M = 0,778	

Расчет внецентренно сжатых элементов по раскрытию трещин
Величина продолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 = 0,126 мм
Так как acrc = 0,126 мм < acrc,ult = 0,2 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,593; процент использования = 62,76 %
Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,126 мм
Так как acrc = 0,126 мм < acrc,ult = 0,3 мм. Условие выполнено (по п. 8.2.6 СП 63.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 2,39; процент использования = 41,84 %

в) Плита покрытия (Нагрузка по второй схеме)

Расчет изгибаемых элементов по предельным усилиям	
Исходные данные	
1) Усилия (1-ая группа предельных состояний):	1а) Усилия (2-ая группа предельных состояний):
Изгибающий момент M = 50,12 кНм =0,05 МНм;	Изгибающий момент M = 0,05 МНм;
2) Размеры элемента:	
Длина элемента или расстояние между точками закрепления	
l = 350 см =3,5 м;	
Высота сечения h = 30 см =0,3 м;	
Ширина сечения b = 100 см 1 м	
Толщина защитного слоя	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S до грани сечения a = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в растянутой зоне As = 5,65 см2;	
Расстояние от равнодействующей усилий в арматуре S' до грани сечения a' = 2,5 см =0,025 м;	
5 стержней Ø12 мм;	
Площадь арматуры в сжатой зоне A's = 5,65 см2;	

Расчет изгибаемых элементов по прочности
Расчет по прочности сечений изгибаемых элементов ведется из условия M ≤ Mult, где
M = 0,05 МНм;
Mult - предельный изгибающий момент, который может быть воспринят сечением.
Mult для изгибаемых элементов прямоугольного сечения при ξ = x/h0 < ξR определяют по формуле:
Mult=Rb*b*x*(h0-0,5*x)+Rsc*A's*(h0-a'), где x=(Rs*As-Rsc*A's)/(Rb*b);
Условие прочности: M = 0,05 МНм ≤ Mult = 0,061 МНм
Условие выполнено
Коэффициент запаса по прочности:
M/Mult = 1,227
Расчет изгибаемых элементов по образованию трещин
Изгибающий момент, воспринимаемый нормальным сечением элемента при образовании трещин:
Mcrc = Rbt,ser * Wpl = 0,0318 МНм
Так как M = 0,043 МНм > Mcrc = 0,032 МНм, то трещины образуются (по п.8.2.4 СП 63.13330.2012)

Коэффициент запаса по трещиностойкости:
Mcrc/M = 0,746
Расчет изгибаемых элементов по раскрытию трещин
Величина продолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 = 0,103 мм
Так как acrc = 0,103 мм < acrc,ult = 0,2 мм. Условие выполнено (по п.5.6.5.7 СП 120.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 1,939; процент использования = 51,58 %
Величина непродолжительного раскрытия трещин: acrc = acrc1 + acrc2 - acrc3 = 0,103 мм
Так как acrc = 0,103 мм < acrc,ult = 0,3 мм. Условие выполнено (по п.5.6.5.7 СП 120.13330.2012)
Коэффициент запаса по раскрытию трещин: acrc,ult/acrc = 2,908; процент использования = 34,39 %