

Интеграция новых конструктивных решений в общую концепцию структурной реконструкции зданий на примере возрождения аэропорта Храброво

*Н.Н. Столяров, канд. техн. наук, зав. группы проектирования,
ОАО «ПИИНИИ ВТ «Ленаэропроект»*

В условиях сложившейся санкционной политики ряда стран Запада, на первый взгляд может показаться, что модернизация экономики Российской Федерации замедляется. В свою очередь хотелось бы отметить, что данная ситуация в меньшей мере затронула транспортную систему нашей страны. Примером этого может служить огромный объем инвестиций в реконструкцию и модернизацию авиационной инфраструктуры. Это очевидно, так как данный вид транспорта позволяет связать с центром самые отдаленные точки России, и даже находящиеся за пределами основной территории государства. Примером может служить Калининградская обл. В условиях изоляции «воздушные ворота» данного региона являются основным связующим звеном в обеспечении стратегического положения РФ в европейском регионе. В связи с этим реконструкция аэропорта Храброво приобретает статус жизненно необходимой задачи на уровне государства. Основой любого аэропорта является здание аэровокзала как основного пункта пребывания обычных пассажиров и глав государств. История создания аэровокзального комплекса на территории Калининградской обл. имеет сложную историю.

Здание аэровокзального комплекса международного аэропорта Храброво г. Калининграда расположено в пос. Храброво Гурьевского района Калининградской обл. (рис. 1). Еще в 1973 г. началось строительство комплекса аэропорта Храброво, а также реконструкция взлетной полосы и рулежных дорожек. Открытие первой очереди комплекса аэропорта Храброво состоялось 17 июля 1979 г. Город получил здание пассажирского аэровокзала, который успешно справился с пиком воздушных перевозок в 1980 годах. 29 марта 1989 г. аэропорту был присвоен статус международного для выполнения чартерных полетов, с пропускной способностью аэропорта – 400 пассажиров в час.

В 2004 г. по проекту организации «ДжиЭс Студия» была начата реконструкция существовавшего с 1979 г. здания аэровокзального комплекса, по результатам которой старое здание должно было быть полностью реконструировано путем встраивания в новое здание аэровокзального комплекса. По своим размерам, архитектурной выразительности и удобствам реконструированное здание аэровокзального комплекса должно было стать основой проекта по созданию в Калининградском аэропорту крупного авиатранспортного узла, соединяющего воздушную сеть крупные города России и Европы.

В августе 2007 г. была введена в эксплуатацию первая очередь нового аэровокзального комплекса в аэропорту Храброво (Блок «А»), в остальной части объекта (в том числе блоки «Б», «В», «Г» здания аэровокзального комплекса) реконструкция была приостановлена.

Таким образом, реконструкция здания аэровокзального комплекса длилась 3 года, но не была завершена в полном объеме и на сегодняшний момент аэропорт является незавершенным реконструкцией объектом.



а) общий вид аэропорта

б) восточный фасад здания

Рис. 1. Существующее положение аэропорта к моменту реконструкции

Для решения проблемы доработки старого проекта и интеграции его в новую концепцию расширения аэровокзала была привлечена организация ОАО «ПИИНИИ ВТ «Ленаэропроект». Как известно наиболее трудоемким и сложным направлением проектирования является комплексная реконструкция с расширением здания. Важной задачей в данном случае является бережное сохранение существующего облика сооружения, но с плавным дополнением его новыми элементами и блоками конструкций. Для зданий повышенного класса ответственности (объекты авиационной инфраструктуры) [1], [2] сложность такой интеграции возрастает. Обычная реконструкция любого аэропорта является технически сложной. При условии комплексной интеграции старого здания в новую концепцию задача проектирования приближается к научному изысканию.

Главным требованием реконструкции данного аэровокзала стало увеличение пропускной способности терминала при осуществлении перевозок пассажиров из России в страны Западной Европы. Общий пассажиропоток нового комплекса должен составить 2000 чел./ч, что потребовало кардинального увеличения полезных площадей аэровокзала. При проработке вариантов

была сформирована принципиально новая концепция расширения здания (рис. 2). Разработчиком главной идеи выступил ГАП «Ленаэропроект» Д.Г. Клименов.



а) вид с перрона

б) вид привокзальной площади

Рис. 2. Новая концепция реконструкции аэровокзала

Из сопоставительного анализа рис. 1 и рис. 2 можно сказать, что основной трудностью нового архитектурного замысла стала идея замены главного купола на структурное покрытие над главным залом. После формирования архитектурного облика здания стал вопрос о формировании концепции конструкторских решений для объединения старых и новых частей проектируемого комплекса.

Основная проблема [3] в данной ситуации связана с тем, что большинство реконструируемых объектов проектировалась и строилась по нормам 1960–1980 годов, а проекты перестройки следует выполнять по нормативам 2011–2012 годов, в которых многие положения новых СНиП делают невозможным эксплуатацию старых зданий и сооружений. В связи с этим потребовался комплекс мер по усилению и демонтажу конструкций старых зданий.

В конструктивном плане здание существующего аэровокзала сложной формы в плане разделено на два блока деформационными швами. Конструктивная система здания – смешанная (колонно-стеневая), состоящая из пространственного сборно-монокристаллического каркаса и несущих наружных и внутренних стен (в эксплуатируемой части) и сборного пространственного каркаса (в эксплуатируемой части). Фундаменты под колонны – монолитные железобетонные свайные ростверки. Сваи буронабивные имеют диаметр 300 мм. В эксплуатируемой части здания выполнены фундаменты на естественном основании отдельно стоящие – столбчатые.

Основой проекта реконструкции существующего блока здания аэровокзала является выполнение конструкции кровли посредством устройства нового участка с применением структурного покрытия.

Проектируемый атриум в осях 16-21в плане перекрывается структурной трубчатой плитой по типу «Кисловодск», опирающейся на железобетонные колонны. Опирание на колонны осуществляется узлами нижнего и верхнего пояса. Данный атриум представлен на рис. 3.

Структурную плиту можно представить как стержневую систему, состоящую из ортогональных ферм с треугольной решеткой. Шаг ферм – 3 м, высота плиты в осях пояса – 2,1 м. При этом геометрическая длина всех стержней – 3 м. Трубчатые элементы решетки и поясов соединены между собой в узлах с помощью специальных узловых элементов – коннекторов, которые представляют собой литые многогранники с резьбовыми отверстиями. Трубчатые элементы крепятся с помощью высокопрочных болтов диаметрами 22 и 24 мм, которые передают растягивающие усилия. Для передачи сжимающих усилий, а также для завинчивания болтов в узловой элемент при монтаже установлены специальные шестигранные поводковые муфты (втулки, гайки), передающие усилия.

Структурное покрытие имеет размеры в плане 36×45 м. Пристенные зоны перекрываются за счет консольного свеса прогонов и профилированного настила. Опирание структурной плиты на колонны бескапитальное и осуществляется через нижние узлы. Стержневая пространственная конструкция имеет ортогональную сетку верхнего и нижнего поясов с ячейкой 3×3 м. Распределение сечений стержней по площади плиты симметрично. Сечения труб верхнего пояса $\varnothing 127 \times 5,5$ мм, нижнего пояса $\varnothing 127 \times 5,5$ мм и раскосов $\varnothing 114 \times 4$ мм. Класс используемой стали – С345. К существующему каркасу пристраиваются левое и правое крыло аэровокзала.

Несущими конструкциями вновь возводимых частей здания аэровокзала являются монолитные железобетонные рамы с сеткой колонн 12,0×8,0 м и 9,0×12,0 м и в средней части 6,0×9,0 м. Каркас четырехэтажной части составлен из продольных рам, имеющих в зависимости от назначения разное количество пролетов и ярусов. Рамы состоят из колонн и ригелей, сопряженных через жесткие узлы. Опорная часть колонн с сечением 800×800 мм, по этажам – 600×600 мм. В уровне стыковки колонны выполняется равнопрочный стык. Сечение ригеля 800×500 мм.

В поперечном направлении рамы соединены второстепенными балками сечением 300×500 мм и монолитным диском покрытия и перекрытий толщиной 150 мм. Шаг второстепенных балок от 2 до 3 м. Плита перекрытия выполнена монолитной и жестко сопряжена с ригелями и второстепенными балками. В уровне каждого перекрытия создается монолитно-ребристое перекрытие.

Пристраиваемые участки зданий оборудованы подвалом в осях Ж-В/9-67 и Т-Р/1-8. В подвале устроены подпорные стенки толщиной 400 мм по контуру. В остальных частях нового здания полы решены по схеме – плита пола по грунту толщиной 200 мм. Общий замысел конструкторского решения новых блоков здания был предложен инженером Н.Ю. Тепанковой. Главный продольный разрез примыкания блоков здания представлен на рис. 4. Предложенная система монолитного каркаса

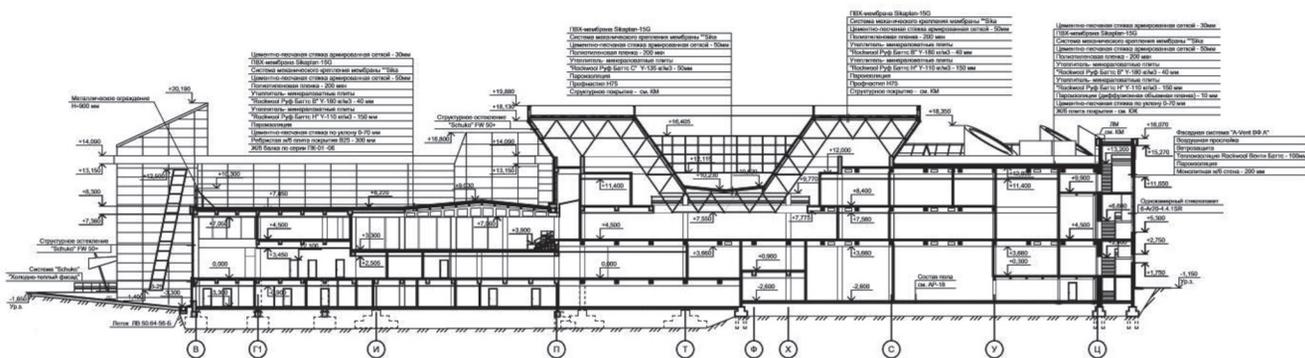


Рис. 3. Поперечный разрез здания Аэровокзала в зоне устройства структурного покрытия

с опиранием на жесткие свайные ростверки помогла компенсировать влияние новых участков сооружения на существующий сборно-монолитный каркас здания, состояние которого весьма восприимчиво к дополнительным осадкам в процессе усиления и возведения дополнительных конструкций покрытия.

Примыкание новых блоков к старому выполняется по консольной схеме, для уменьшения передачи дополнительных силовых воздействий на новый каркас. В связи с этим все этажи здания примыкают консольно друг к другу. Правый и левый участки здания выполнены практически зеркальными, центральная часть привокзальной площади выполнена в той же конструктивной схеме, но с применением иных решений. С учетом пристройки данных блоков общая площадь здания значительно увеличилась (рис. 5). Новое здание приобрело более сложную конфигурацию в плане, что повлекло за собой усложнение конструкторских решений.

Данная проблема усложнилась в связи с тем, что сооружения международного аэропорта Храброво выполнялись в две очереди: по проектам 1961 г. и более поздним проектным разработкам (2007–2008 годов). Согласно [4] при обследовании таких зданий требуется производить поверочный расчет всего комплекса аэровокзала. Для решения данной задачи была разработана пространственная конечно-элементная модель всего здания (рис. 6). Расчет производился с использованием программного комплекса SCAD Office 11.7. Данная модель позволила исследовать напряженно-деформированное состояние надземных конструкций сооружения и разработать требуемые мероприятия по усилению при возведении структурного покрытия.

Поверочные расчеты центрального блока здания показали, что при устройстве дополнительных перекрытий требуется усиление колонн здания. Для реализации данного проекта было предложено классическое усиление стальными обоймами (рис. 7). Усиление выполнялось согласно [5].

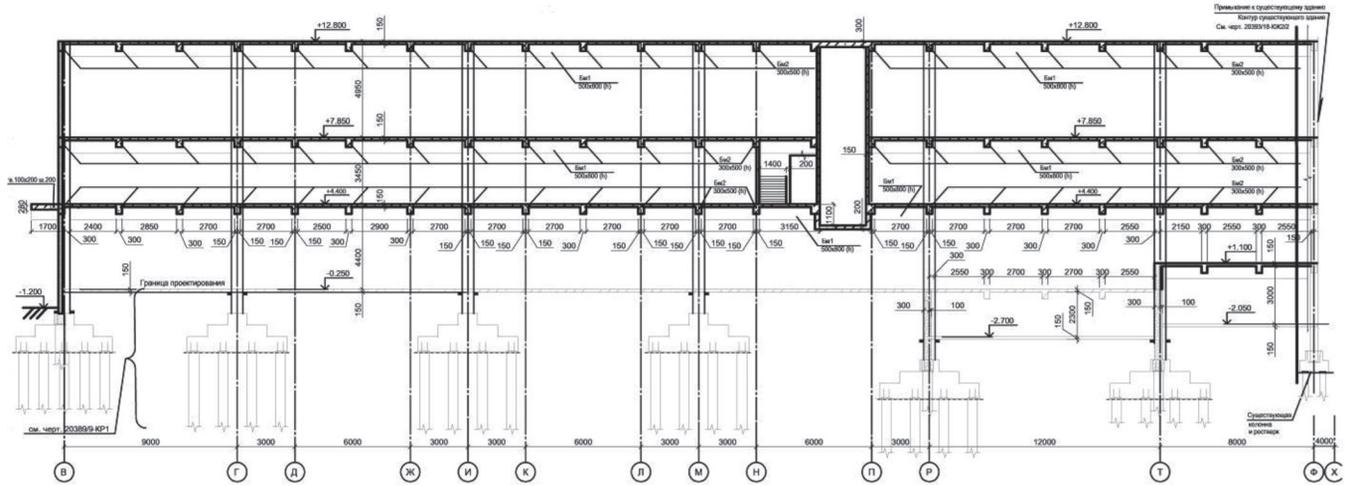


Рис. 4. Продольный разрез здания аэровокзала – пристройка нового блока

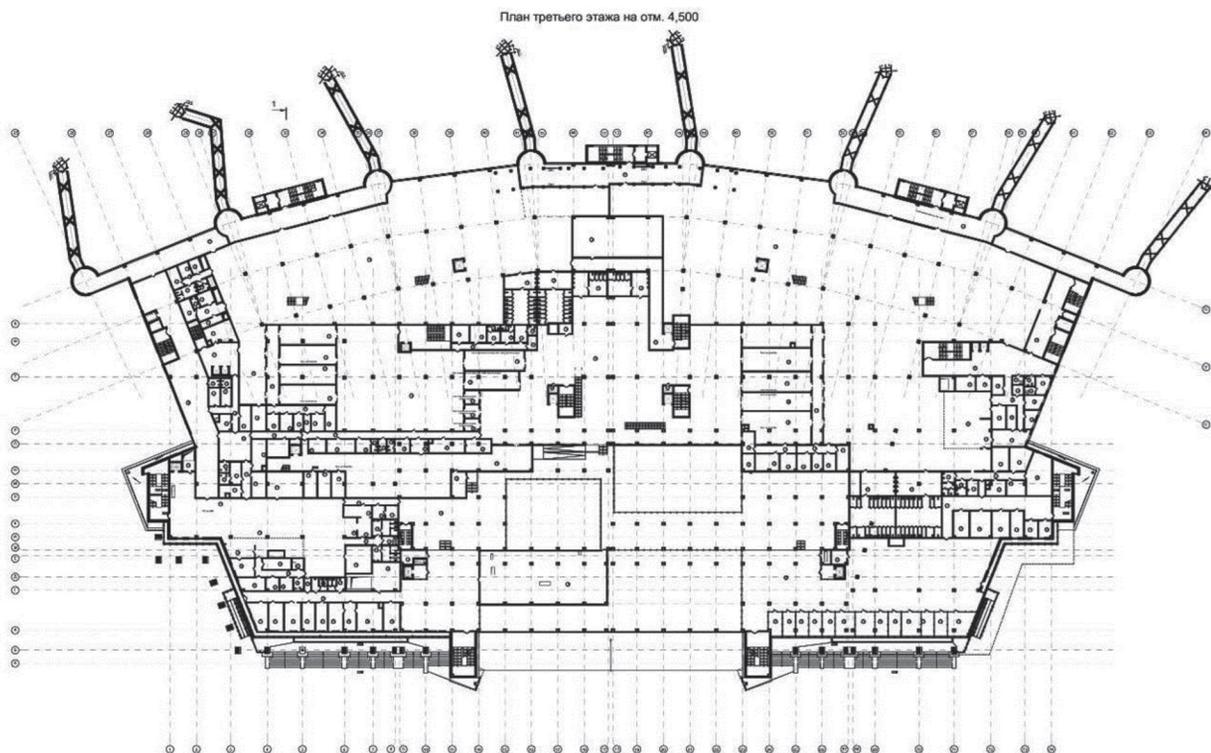


Рис. 5. План 3-го этажа аэровокзала Храброво

Проведенные расчеты существующих конструкций покрытия и перекрытий выявили необходимость дополнительного усиления плит перекрытия и балочных систем. Усиление плит выполнялось методом наращивания плит дополнительным железобетонным слоем. Поверочные расчеты колонн и пилонов показали, что конструкции находятся в работоспособном состоянии и могут эксплуатироваться без каких-либо усилений.

Для оценки напряженного состояния грунтового основания и прочностных характеристик фундаментов потребовалось провести детальные геологические исследования на глубину более 18 м. Геологические изыскания для проведения проектирования выполнялись ООО «ТЕРРА».

В геологическом строении территории в пределах глубины бурения до 18 м присутствуют верхнечетвертичные отложения, представленные современными образованиями в виде насыпных грунтов (tQIV) и подстилающими их суглинистыми отложениями озерно-ледникового генезиса (lg QIII), а также комплекс водно-ледниковых грунтов (agQ III), представленный песками разной крупности (в основном пылеватыми и мелкими) и супесями. Заканчивают разрез на разведанную глубину моренные супеси (gQIII). В некоторых скважинах в основании разреза были вскрыты среднечетвертичные, моренные суглинки (gQII). Данная картина геологического строения является сложной при устройстве свайных фундаментов, так как следует учесть, что при нарушении естественного залегания или под действием динамических нагрузок водно-ледниковые супеси проявляют тиксотропные свойства, а пылеватые пески – плавунные

свойства и могут снижать несущую способность. Основания фундаментов, сложенные этими грунтами, должны проектироваться с учетом их большой сжимаемости, медленного развития осадок во времени и возможности возникновения в связи с этим нестабилизированного состояния, а также существенной изменчивости и анизотропии прочностных, деформационных и фильтрационных характеристик. Наиболее опасным местом, как видно из рис. 8, является русло старой доисторической реки, сложенное пылеватыми песками. Также при устройстве свайного основания проблематичны моренные грунты с включением валунов. Для анализа таких сложных грунтовых условий потребовалось выполнить расчеты грунтового основания при реконструкции.

Поверочные расчеты существующих фундаментов с учетом полученной геологоразведки проводились с использованием программы PLAXIS, ввиду того, что здание имеет сложную структуру в плане. Наиболее важной задачей данной реконструкции [6] являлось обоснование геотехнического мониторинга влияния новых участков здания на уже возведенные блоки сооружения. В связи с этим потребовалось провести геотехнический мониторинг с привлечением специализированной организации. Были привлечены специалисты компании ООО «Капиталстройпроект», которые разработали модель грунтового основания для анализа распределения деформаций (рис. 9). Анализ осадок сооружения проводился с учетом возможных этапов строительства. Общая картина деформаций представлена в виде полей цифровой индикации. Наибольшие деформации осадок произошли в зоне устройства структурного покрытия.

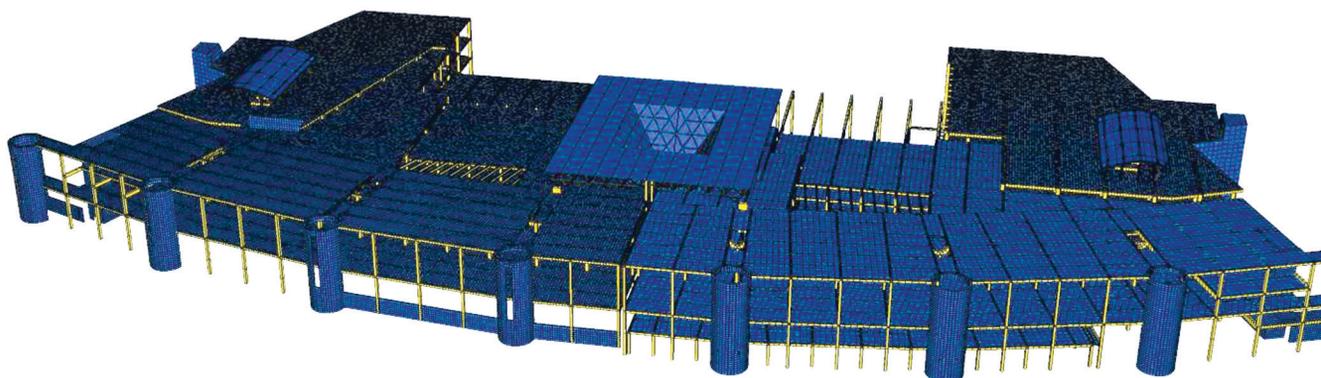


Рис. 6. Пространственная конечно-элементная модель аэровокзала Храброво

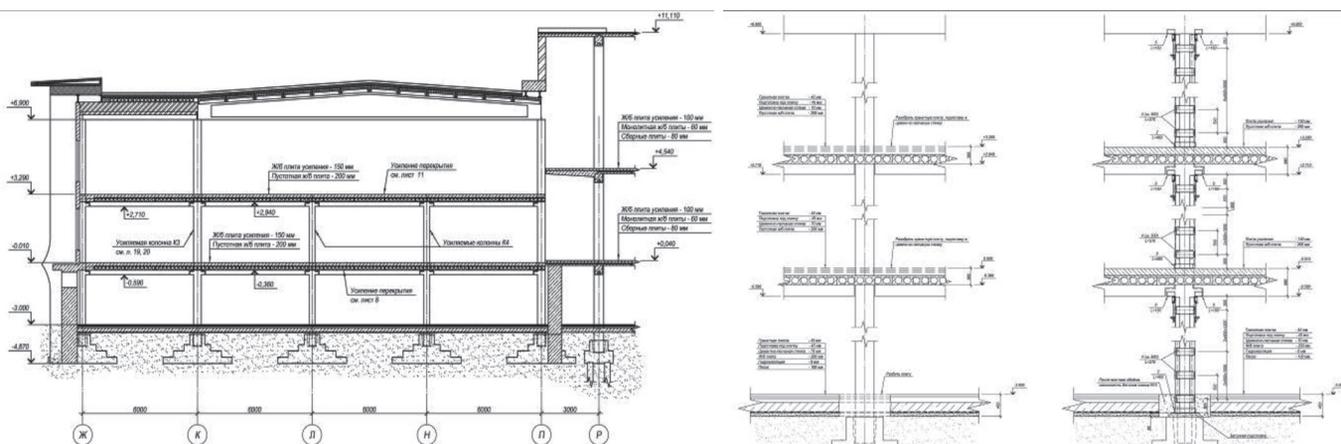


Рис. 7. Усиление железобетонных колонн стальными обоймами

Расчеты, выполненные в программном комплексе «PLAXIS 3D», показали, что все области влияния осадочных воронок находятся в допустимых пределах.

Итогом проведенной работы стало получение положительного заключения ФАУ «Главгосэкспертиза России». На сегодняшний момент институт ОАО «ПИИНИИ ВТ «Ленаэропроект» приступил к разработке стадии Р (рабочий проект) реконструкции данного аэровокзала.

Выводы

1. Ввиду того, что нормативная база строительства подвержена изменению и корректировке, предлагается при реконструкции рассматривать существующие объек-

ты комплексно, без жесткого применения актуализированных нормативов.

2. Предлагается первоначально оценивать возможность проведения реконструкции предаварийных зданий или проводить полноценный демонтаж сооружения.

3. Необходимо учитывать новый образ проектируемого здания для учета снеговых и ветровых нагрузок в новых условиях.

4. Требуется разработать регламент для интеграции новых конструкторских решений в существующую среду реконструируемого здания.

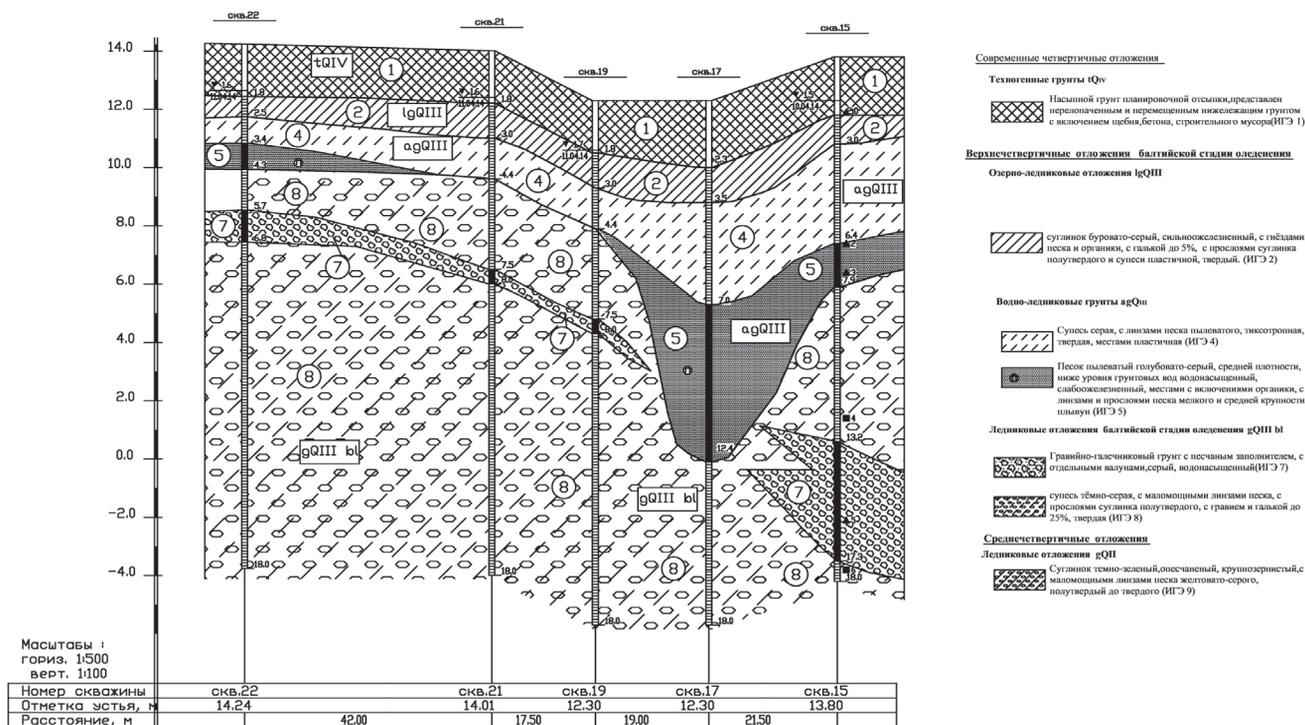


Рис. 8. Геологическое строение участка строительства

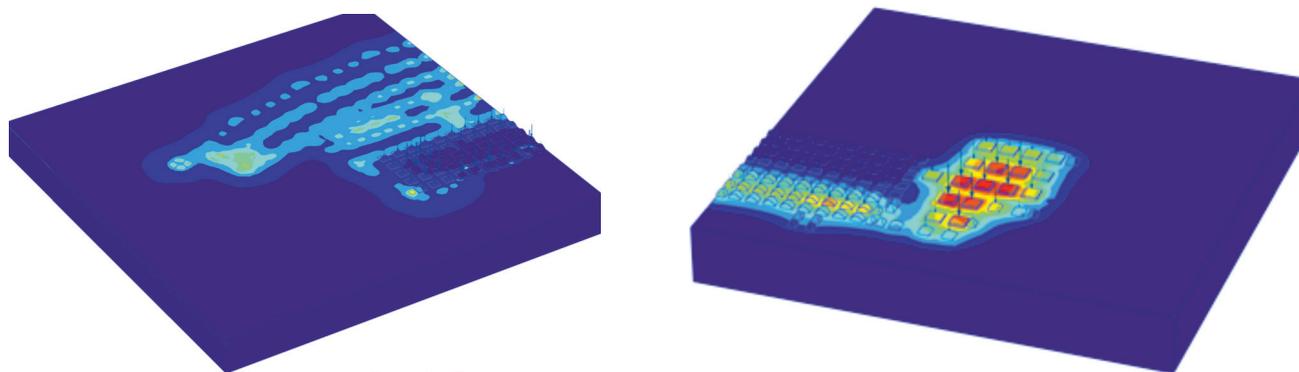


Рис. 9. Поля распределения осадочных воронок

Литература

- ГОСТ Р 54257–2010 Надежность строительных конструкций и оснований. Основные положения и требования.
- Федеральный закон от 25 декабря 2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент безопасности зданий и сооружений».
- Столяров, Н.Н. Надежность конструктивных систем в условиях реконструкции на примере аэропорта Минеральные воды [Текст] // Архитектура и строительство России. – 2014. – № 9. – С. 59–63.
- ГОСТ Р 53778–2010 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния.
- Рекомендации по проектированию усиления железобетонных конструкций зданий и сооружений реконструируемых предприятий. – М.: Стройиздат, 1992. 192 с.
- Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений: Учеб. Пособие / Под редакцией Б.И. Долматова 3-е изд. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПб ГАСУ, 2006. – 428 с.

Literature

- State standard of Russia 54257–2010 Reliability of building constructions and bases. Basic provisions and requirements.
- The federal law of December 25, 2009 No. 384-FL “Technical regulations of safety of buildings and constructions”.
- Stolyarov N. N. Reliability of constructive systems in the conditions of reconstruction on the example of the airport Mineralnye Vody airport [Text]//Architecture and construction of Russia. – 2014. – № 9. – P. 59–63.
- State standard of Russia 53778-2010 Buildings and constructions. Rules of inspection and monitoring of technical condition.
- Recommendations on design of strengthening of reinforced concrete designs of buildings and constructions of the reconstructed enterprises. – M.: Stroyizdat, 1992. 192 pages.
- Design of the bases of buildings and underground constructions: Manual / B. I. Dolmatov’s edition, the 3rd edition. – M.: ASV publishing house; SPb.: SPbGASU, 2006. – 428 pages.