

ГЕОТЕХНИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ В ПРОМЫШЛЕННОМ И ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ: **ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТА**

ПАВЕЛ БАТРАКОВ

Руководитель геотехнического отдела
компании MIDAS IT Russia

АННОТАЦИЯ

Одновременное применение и программного комплекса для работы с конструктивом, и геотехнического программного комплекса позволяет повысить точность расчетов. Это положительно сказывается на экономическом обосновании проекта и на общей надежности сооружения. В представленной статье на конкретном примере расчетов в программных комплексах midas GTS NX, ЛИРА и СКАД приводится обоснование данного утверждения.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

геотехнические расчеты; программный комплекс; расчетный комплекс; программный комплекс для работы с конструктивом; геотехнический программный комплекс; модель грунта; расширенная модель грунта; модель Мора – Кулона; модель упрочняющегося грунта.

GEOTECHNICAL CALCULATIONS IN INDUSTRIAL AND CIVIL CONSTRUCTION: **PROJECT OPTIMIZATION**

PAVEL BATRAKOV

Head of the Geotechnical Department of the MIDAS IT Russia company

ABSTRACT

The simultaneous use of both a software package for working with structural solutions and a geotechnical software complex makes it possible to increase the accuracy of calculations. This has a positive effect on the economic justification of a project and on the overall reliability of a designed structure. The presented paper gives a substantiation of this statement using a specific example of calculations in the midas GTS NX, LIRA and SKAD software packages.

KEYWORDS:

geotechnical calculations; software package; calculation complex; software package for working with a constructive; geotechnical software package; soil model; advanced soil model; Mohr-Coulomb model; hardening soil model.

Введение

Какие преимущества дает применение геотехнических программных комплексов? Этот вопрос часто поднимается, когда речь идет об отрасли промышленного и гражданского строительства (ПГС). В действительности сложилась ситуация, когда инженеры, работающие в этой сфере, не видят необходимости в применении дополнительных решений для оценки поведения грунтового массива. Причин для появления такого мнения несколько: начиная с того, что действующие нормы не обязывают выполнять геотехнические расчеты численными методами (за исключением некоторых случаев), и заканчивая тем, что современные программные комплексы

для работы с конструктивом имеют встроенные модули, где также описывается грунт, и коэффициенты постели рассчитываются с учетом неоднородности основания. В этой статье попробуем ответить на вопрос: «Нужно ли применять геотехнические программные комплексы в ситуациях, когда этого не требуют нормативные документы?».

Сравнение математических моделей материала

Одна из причин включения геотехнического расчета в состав проекта – оптимизация. За счет гораздо более точного расчета работы грунта изменяется общая работа системы «грунт – сооружение». При этом мы получаем и

иные усилия в элементах. Таким образом, при подборе армирования это позволяет нам не прибегать к излишнему запасу материала.

Уточнение армирования в элементах конструкции будет происходить:

- 1) за счет применения расширенных моделей грунта, которые присутствуют в программах midas GTS NX / FEA NX (при использовании таких моделей мы получим уточненные усилия в элементах за счет более корректных напряжений и перемещений в массиве);
- 2) за счет моделирования поведения грунта на разных этапах производства работ начиная с подготовительного этапа планировки площадки строительства и далее описывая разработку

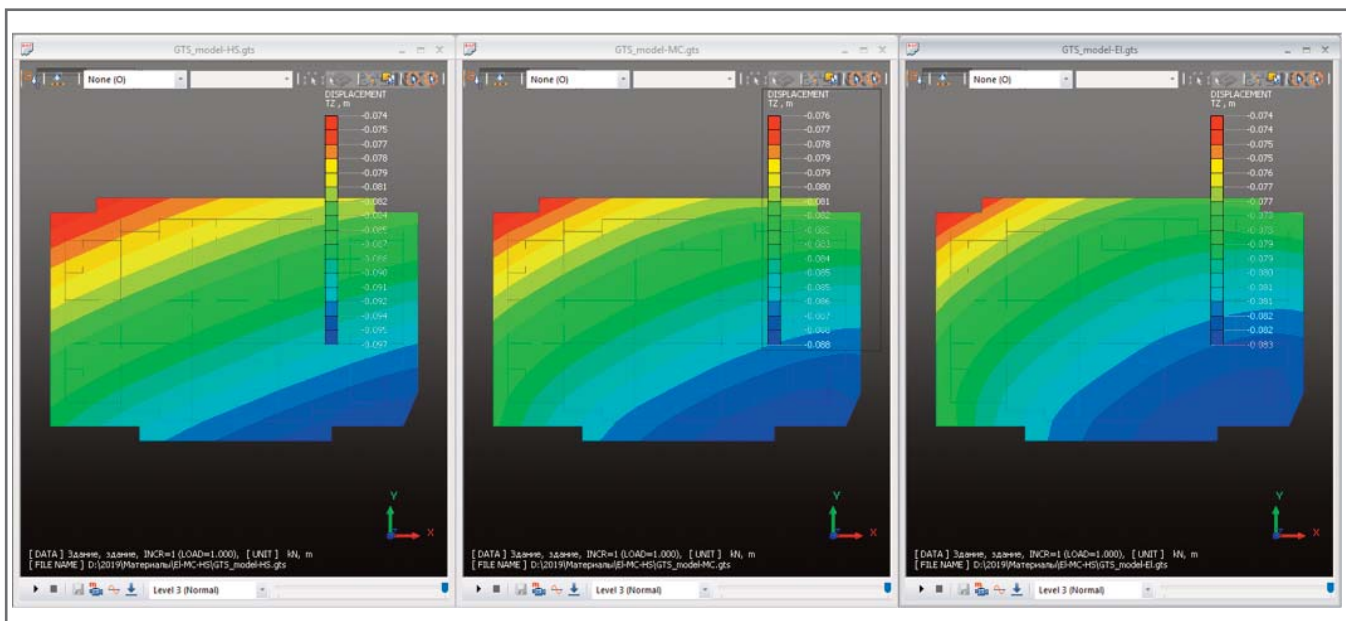


Рис. 1. Вертикальные смещения при использовании разных моделей грунта

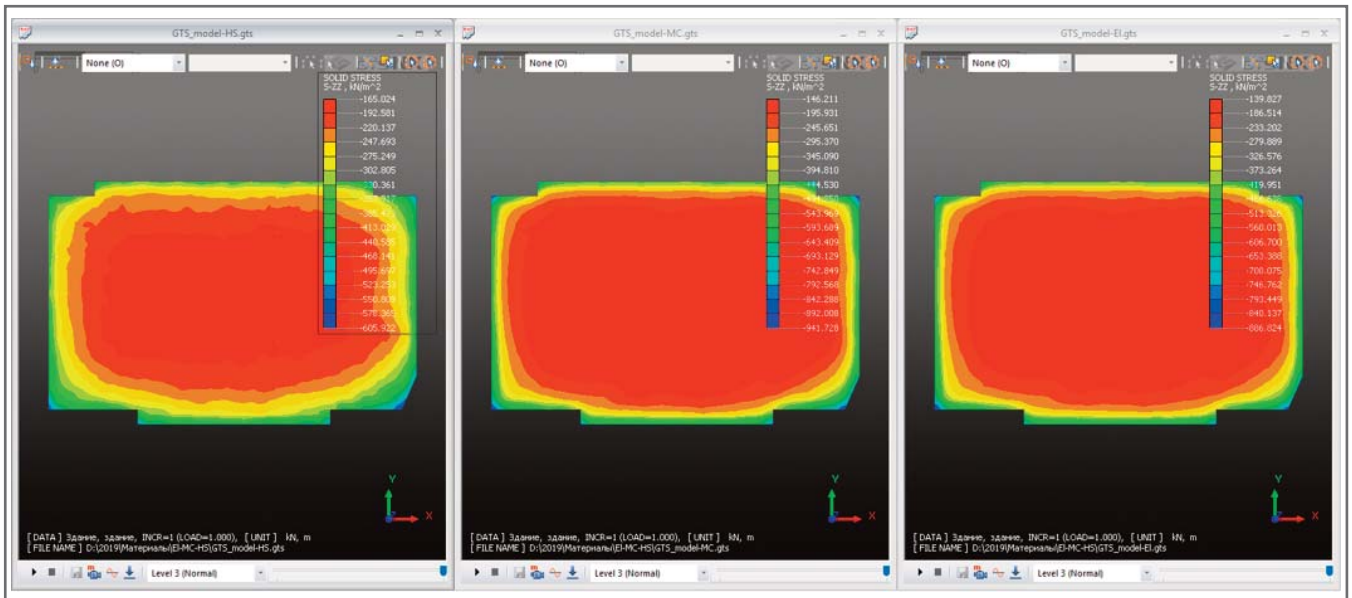


Рис. 2. Вертикальные напряжения по подошве фундаментной плиты при использовании разных моделей грунта

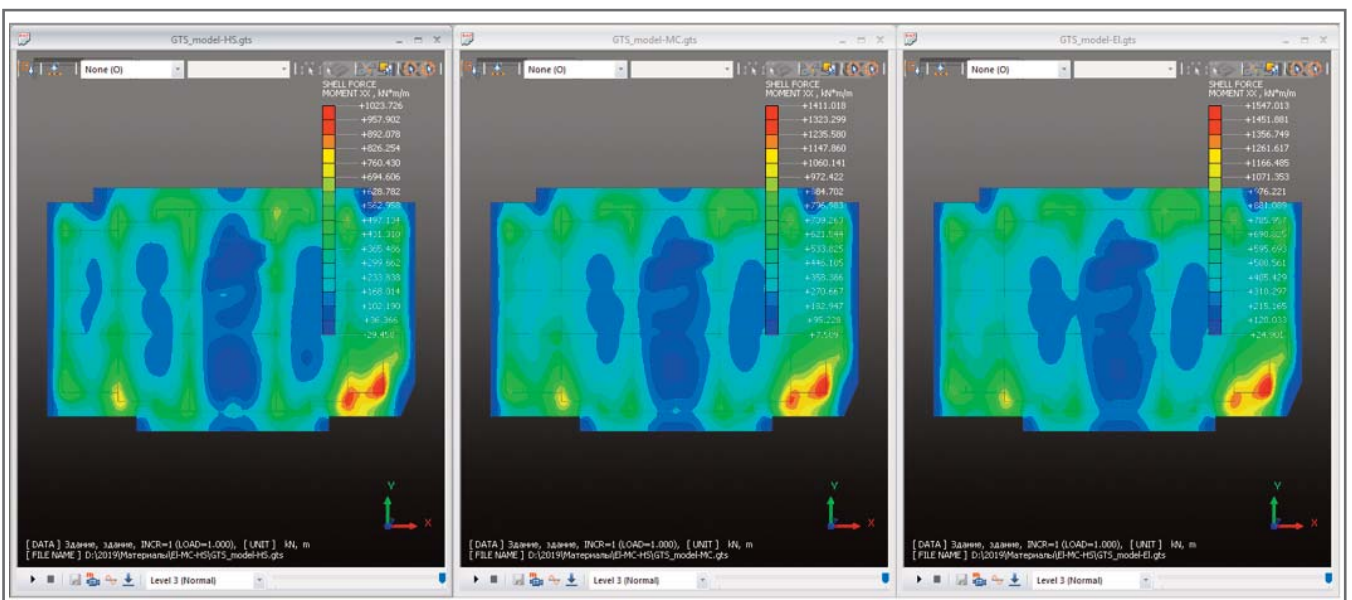


Рис. 3. Изгибающие моменты в фундаментной плите вокруг глобальной оси Y при применении различных моделей грунтов

котлована, возведение здания и обратную засыпку (на всех этапах можно будет получить подробные данные о работе конструкции).

Насколько математические модели работы грунта влияют на результат, можно увидеть на рисунках 1 и 2. На рисунке 1 представлены значения вертикальных перемещений при использовании различных моделей. Упругая модель Elastic в данном сравнении нам не так интересна, так как очевидно, что, моделируя грунт в виде упругой среды, мы заметно снижаем точность получаемых результатов. В представленном сопоставлении нам интересно сравнение модели упрочняющегося грунта (Hardening Soil, HS) и модели Мора – Кулона (Mohr-Coulomb, MC). Несмотря на то

что модель MC также относится к упругопластическим моделям, фактически она работает сначала идеально упруго, как и упругая модель, но при достижении критерия прочности Мора – Кулона она начинает работать идеально пластически. Таким образом, она также не описывает правильного поведения грунта и рекомендуется к применению лишь при определенных задачах (например, при расчете устойчивости в одностадийном варианте).

Модель HS лишена данных недостатков и основывается на гиперболической зависимости деформаций от напряжений. Эта модель уже позволяет достоверно оценивать работу массива и разделяет такие понятия, как первичное нагружение, разгрузка и вторичное на-

гружение грунта. Подробнее о сравнениях моделей HS и MC можно узнать, например, из статьи по адресу midasoft.ru/blog/pochemu-ne-mohr-coulomb-primenenie-modeli-hardening-soil/?utm_source=site&utm_medium=iscad&utm_campaign=article&utm_content=article-raschyety-v-pgs.

Соответственно, применяя эту модель при расчете системы «основание – сооружение», мы заметно повышаем точность расчета.

В рассматриваемой модели присутствовало несколько стадий, таких как: начальная стадия (формирование начальных напряжений в массиве), разработка котлована с бортами естественного залегания и стадийное возведение здания.

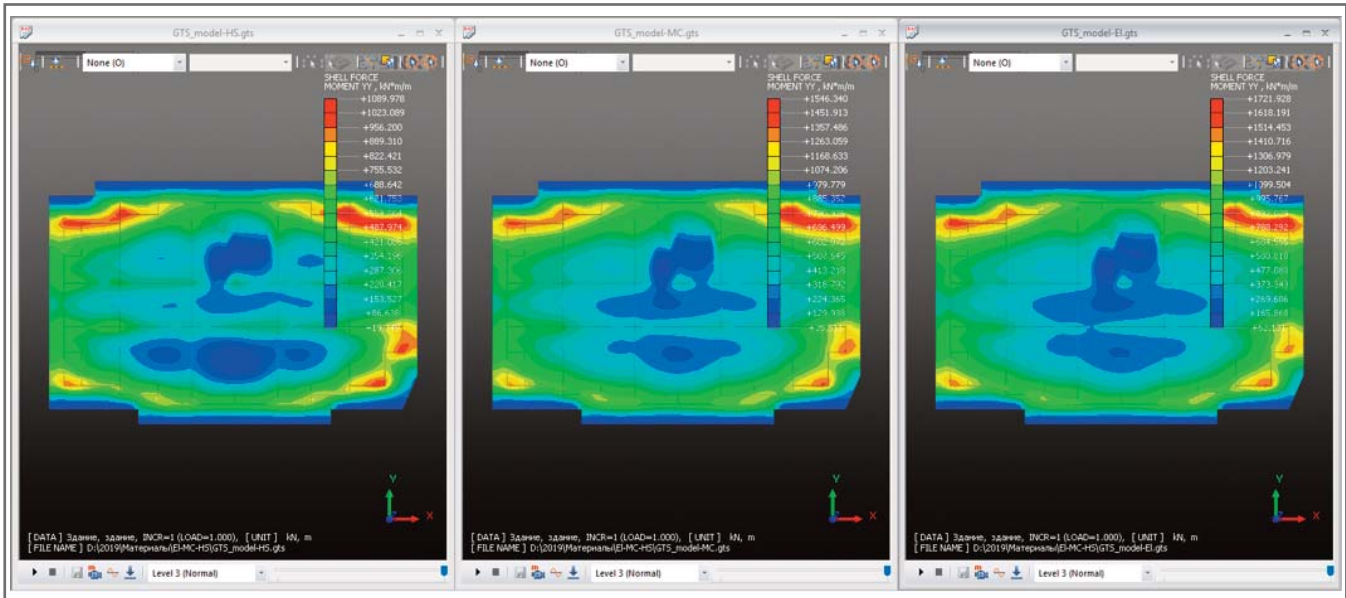


Рис. 4. Изгибающие моменты в фундаментной плите вокруг глобальной оси X при применении различных моделей грунтов

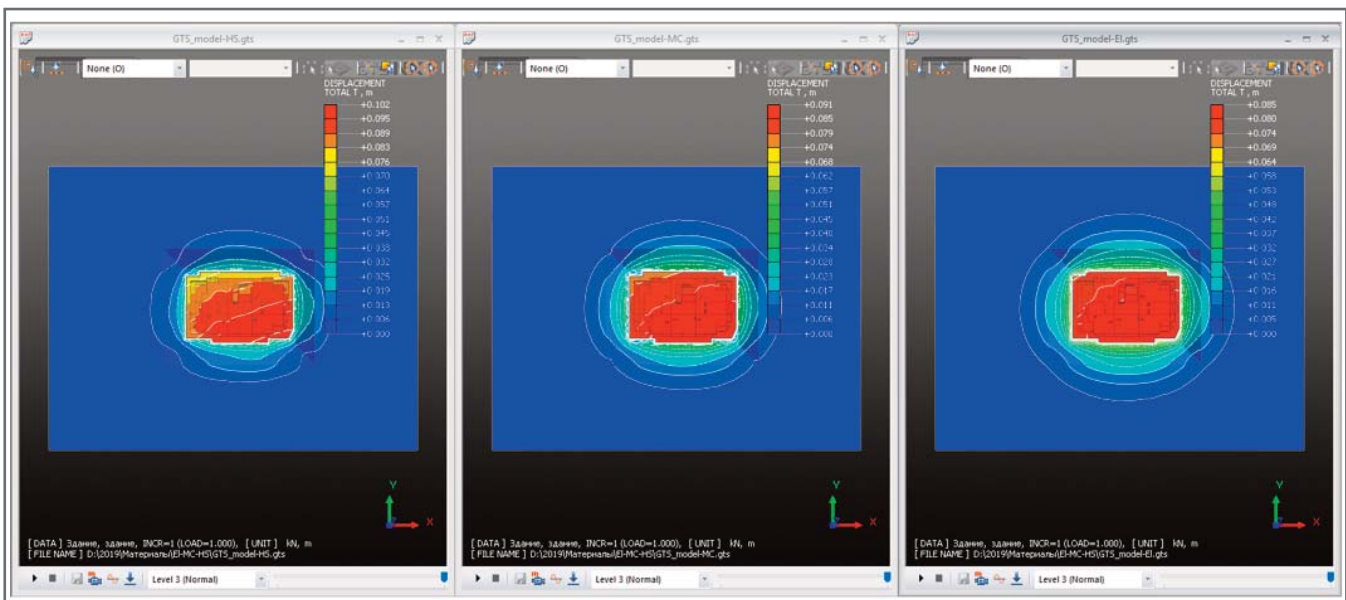


Рис. 5. Зона влияния при различных моделях грунтов

При применении расширенных моделей уточняются напряжения в массиве и, как следствие, изменяются усилия в элементах. Примеры изменений изгибающих моментов в фундаментной плите при применении различных моделей грунтов продемонстрированы на рисунках 3 и 4.

Помимо уточнения усилий в элементах мы также уточняем и общие перемещения в массиве, то есть получаем более достоверные результаты задачи оценки влияния, по осадке и крену здания. Также это позволяет нам уточнить сечения ограждающих конструкций котлована, что положительно скажется на экономическом обосновании проекта в целом.

Модель Мора – Кулона традиционно дает высокие значения по зоне влияния за счет особенностей работы и отсутствия раз-

граничений по работе при первичном нагружении, разгрузке и повторном нагружении. Наглядно данный недостаток можно оценить по значениям выпора грунта при разработке котлована. Модель МС дает гипертрофированные значения по данному компоненту. Конечно, можно применить подходы с изменением модуля деформации, что реализовано в программных комплексах для работы с конструктивом, однако этот подход нельзя назвать точным. Также эта модель является чувствительной к размеру расчетной области. Соответственно, инженеру нужно также внимательно следить за тем, чтобы размер схемы не был избыточным. Пример различных значений по зоне влияния представлен на рисунке 5.

Таким образом, мы приходим к выводу, что уточнение количества армату-

ры происходит за счет более точного описания работы грунта. Однако не стоит забывать и о том, что, используя геотехнический расчет, пользователь может одновременно учесть все факторы, влияющие на работу здания: изменяемый во времени уровень грунтовых вод, расчет консолидации, учет взаимного влияния различных строящихся на одной площадке объектов и т. д. Все это позволяет дать точные результаты без необходимости перерасхода материала.

Практический пример

На основе всего вышеописанного может возникнуть вывод: если нет разработки котлована, при первичном нагружении результаты с использованием геотехнического комплекса и без него

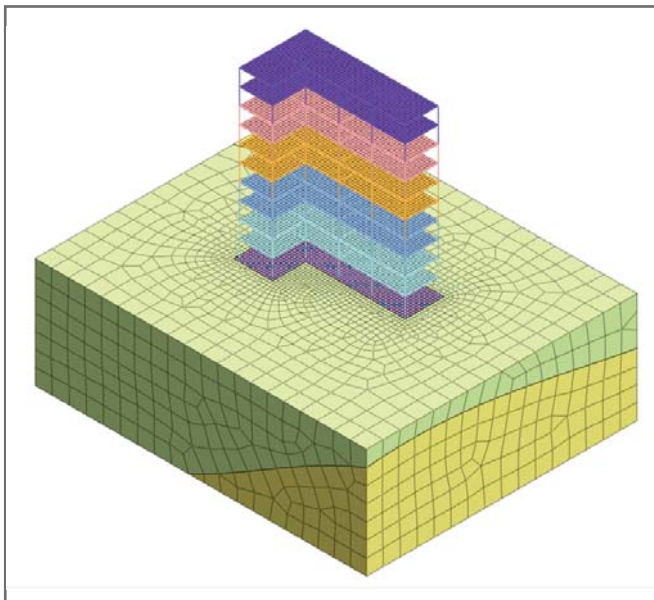


Рис. 6. Расчетная модель в программе midas GTS NX

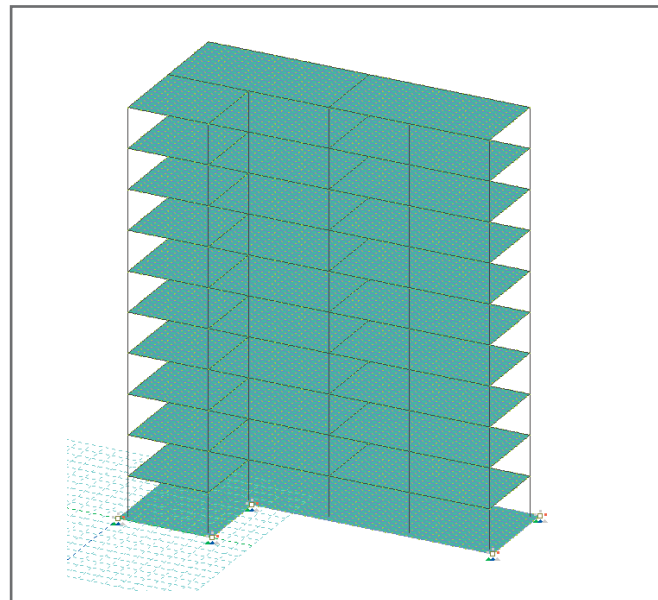


Рис. 7. Расчетная модель в программе ЛИРА 10

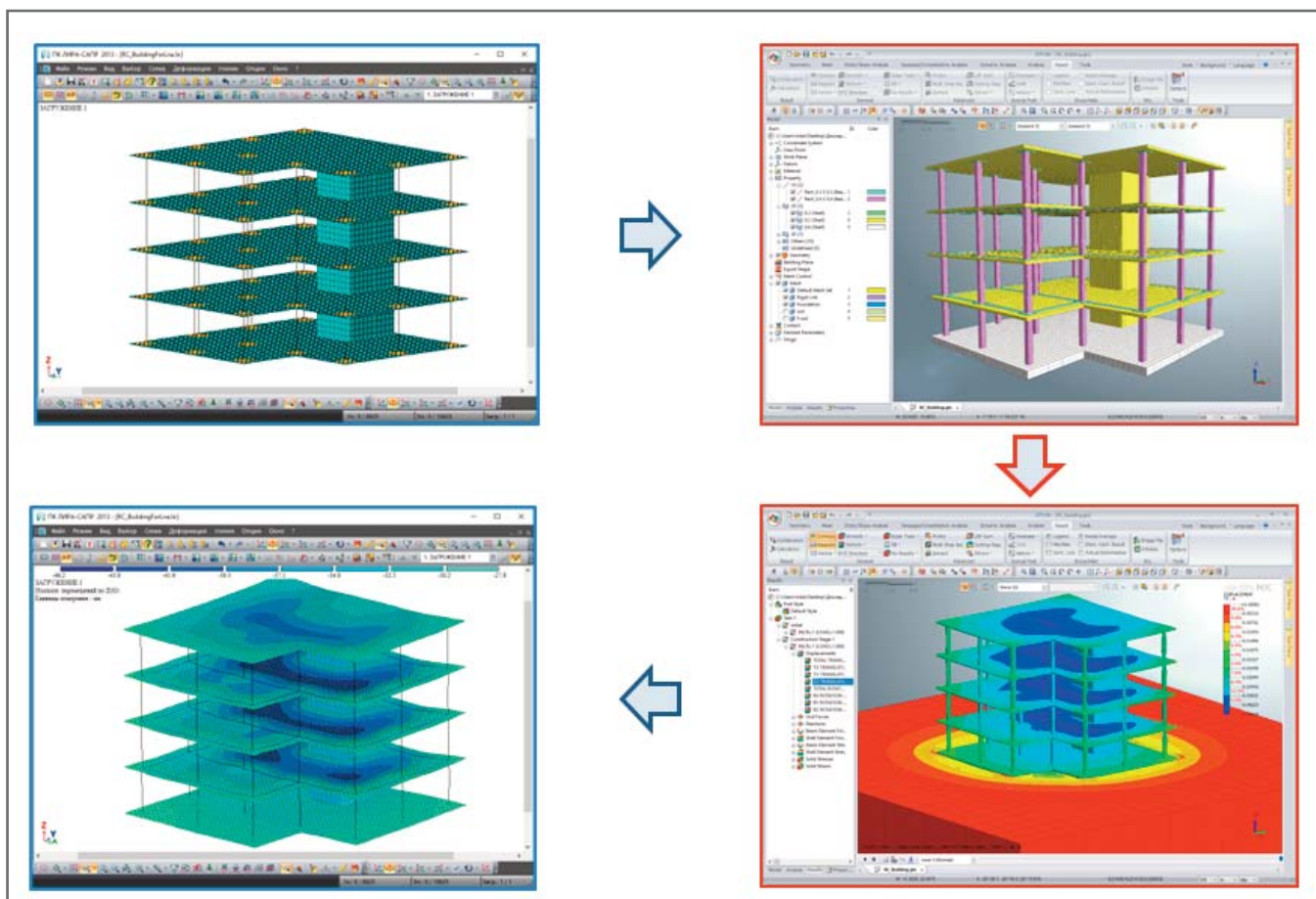


Рис. 8. Принцип взаимодействия программы midas GTS NX и расчетных комплексов ЛИРА и СКАД

будут сопоставимы. Это не совсем так. Общий характер работы конструкции при этом будет схож и анализируемые изгибающие моменты будут близки. Однако перемещения даже в таком случае будут значительно различаться.

Рассмотрим такой пример. Имеется некий массив грунта, состоящий из двух слоев. Дневная поверхность гори-

зонтальна, создание котлована не производится. Моделирование выполняется в программах midas GTS NX и ЛИРА 10. Расчетные модели представлены на рисунках 6 и 7.

Важно отметить, что при выполнении геотехнического расчета у пользователя нет необходимости моделировать конструктив заново. Взаимодей-

ствие программ осуществляется с помощью встроенного конвертора, который позволяет переносить готовые схемы (в конечноэлементном виде, с учетом материалов и сечений, со всеми заданными нагрузками) из программных комплексов ЛИРА Софт, ЛИРА-САПР и СКАД (рис. 8). В рамках такого взаимодействия после выполнения расчета

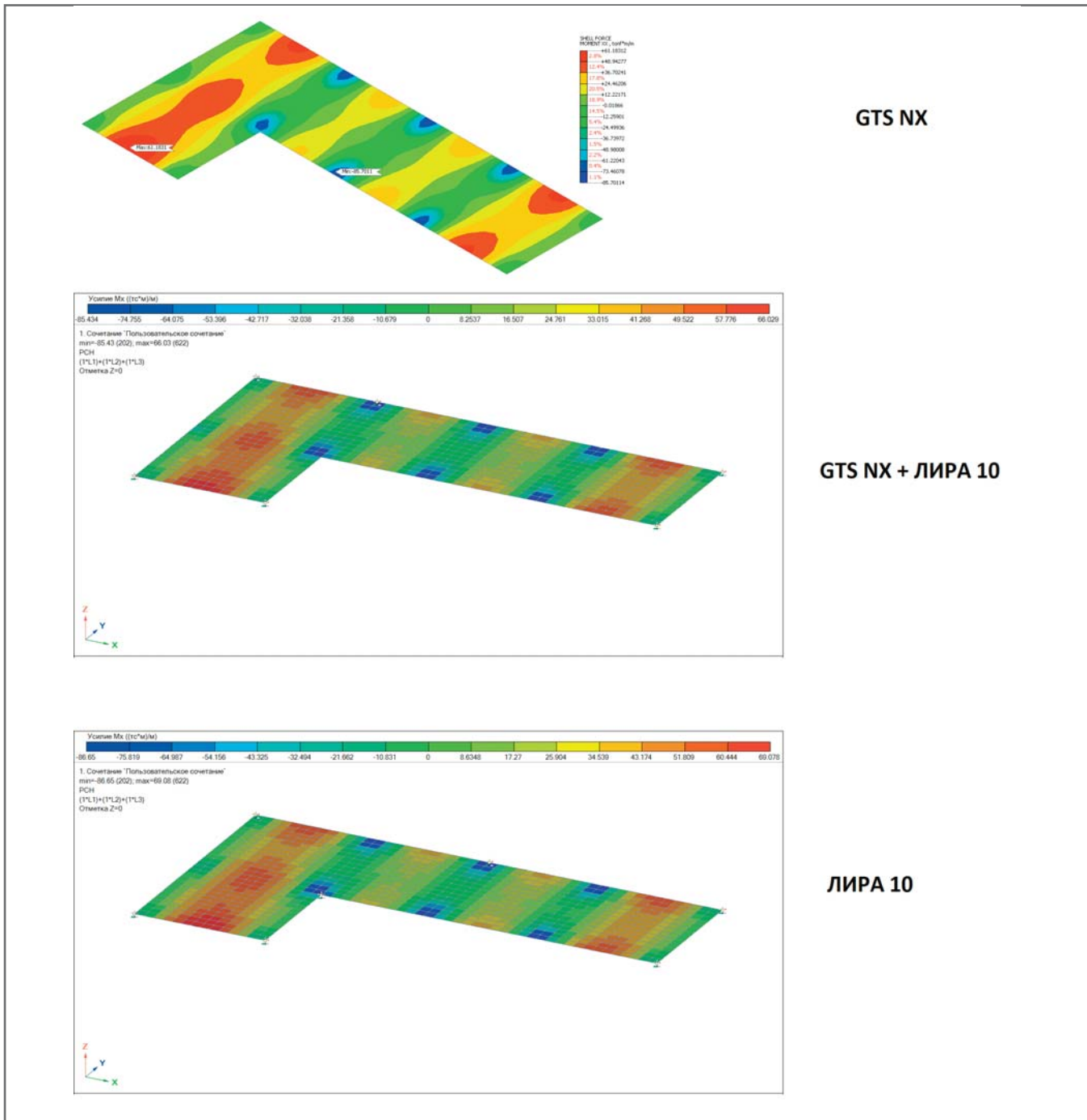


Рис. 9. Результаты расчетов изгибающих моментов в фундаментной плите

мы имеем возможность перенести обратно в один из трех представленных программных комплексов результаты, которые могут содержать коэффициенты постели, одноузловые связи, перемещения для всех узлов модели или перемещения для фундамента. Таким образом можно воспользоваться подбором арматуры встроенным в один из трех программных комплексов, используя усилия в элементах, полученные в рамках расчета системы «грунт – сооружение» с учетом всех факторов, влияющих на работу здания на грунте.

В рассматриваемой тестовой задаче после выполнения расчета в

midas GTS NX были получены коэффициенты постели, перенесенные обратно в программу ЛИРА 10 для дальнейшего анализа.

Сравнивая результаты простейшей задачи на примере изгибающих моментов в фундаментной плите (рис. 9), видим, что работа конструктива идентична в варианте с использованием и без использования midas GTS NX. Однако если рассмотреть результаты по вертикальным смещениям (рис. 10), то разница составит 30%.

Разница в осадках связана с различными значениями коэффициента постели. Различия в коэффициентах об-

условлены в том числе применением модели грунта HS, имеющей сложную траекторию зависимости деформаций от напряжений. В программных комплексах для работы с конструктивом применяется линейная зависимость напряжений от деформаций. Подробнее о сравнении результатов различных моделей (в том числе линейной) и об аналитическом решении мы расскажем в следующем материале.

Выполняя расчет в midas GTS NX, ввиду всех вышеизложенных факторов пользователь получает более точные напряжения и перемещения. Это поведение конструкции и воссоздается с по-

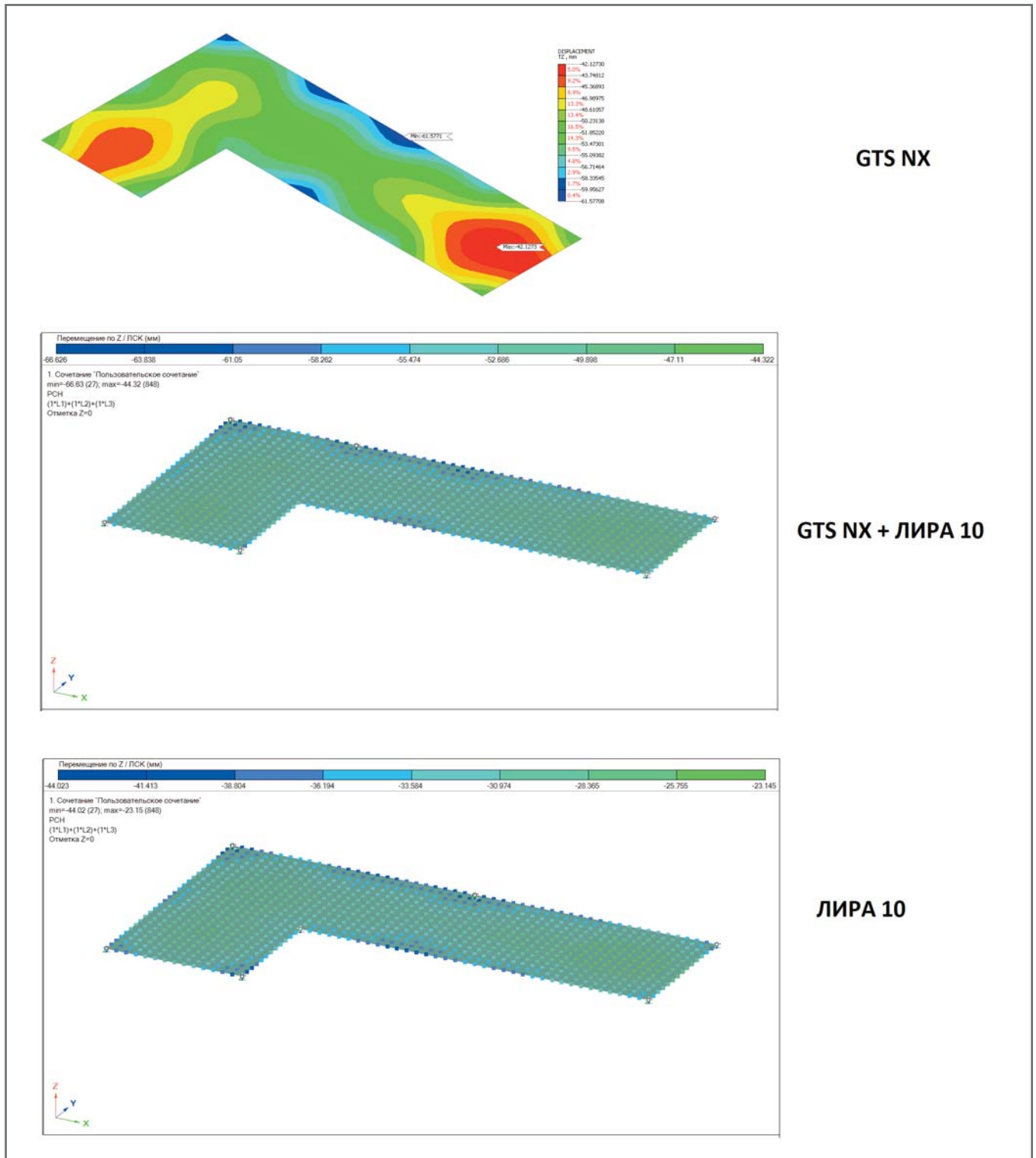


Рис. 10. Результаты расчетов вертикальных смещений фундаментной плиты

мощью коэффициентов постели в программе ЛИРА 10. И, как показано на приведенном примере, результат без использования геотехнического программного комплекса значительно занижен, что в некоторых случаях может быть критичным.

Заключение

Применение одновременно и программного комплекса для работы с конструктивом, и геотехнического про-

граммного комплекса позволяет повысить точность результатов, что положительно сказывается как на экономическом обосновании проекта, так и на общей надежности сооружения. Их совместное применение не требует от инженера дополнительных действий по моделированию здания, так как встроенный конвертер позволяет сразу перенести конструктив в программу midas GTS NX для выполнения совмещенного расчета. **И**

Пройти бесплатный вводный курс, чтобы больше узнать о возможностях midas GTS NX, о том, как смоделировать разработку котлована, провести расчет оценки влияния и совмещенный расчет «НДС – фильтрация – устойчивость» можно по адресу: midasoft.ru/blog/besplatnyy-vvodnyy-online-kurs-po-rabote-v-midas-gts-nx/?utm_source=site&utm_medium=geo-info&utm_campaign=article&utm_content=gts-v-pgs.