

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ РАСЧЕТА КОНСТРУКЦИЙ, СООРУЖАЕМЫХ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЖЕТ – ТЕХНОЛОГИЙ

А.Г. Малинин,

канд. техн. наук, технический директор ЗАО «ИнжПроектСтрой»

С.А. Чернопазов,

докт. техн. наук, руководитель НИО ЗАО «ИнжПроектСтрой»

П.А. Малинин,

ведущий инженер-геотехник ЗАО «ИнжПроектСтрой»

Введение

Точечная застройка городов в условиях ограниченных строительных площадок и их примыкания к существующим зданиям и сооружениям, сложные инженерно-геологические и гидрогеологические условия усложняют условия строительства и часто требуют применение нестандартных решений при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Отдельной проблемой является ремонт и реконструкция старых зданий – усиление аварийных фундаментов, а также, что сегодня актуально, надстройка существующих зданий с увеличением нагрузки на существующие фундаменты. Указанные проблемы в современном строительстве явились причиной интенсивного развития новых технологий устройства свай – с применением струйной технологии, технологии CFA, технология устройства свай с теряемой буровой штангой и т.д.

В нашей стране эти технологии интенсивно и успешно внедряются на строительных объектах г. Москвы [1-2] и ряда других крупных городов. Но, к сожалению, даже московские нормативные документы не успевают отслеживать появляющиеся новые типы свай.

В настоящей статье приводится краткий обзор программных продуктов, которые разработаны и продолжают разрабатываться в организации «ИнжПроектСтрой» и предназначены для проектирования свайных фундаментов, устраиваемых с применением этих технологий.

Программа GeoPlate 1.0

Программа предназначена для расчета комбинированного свайно-плитного фундамента.

В связи с тем, что на практике осадки фундаментов значительно превышают смещения от изгиба плит, последними смещениями пренебрегали, т.е. в расчете плиту считали абсолютно жесткой. Это допущение при достаточно толстых плитах 600 мм и более и небольших их габаритах в плане приводит к незначительным погрешностям расчетов, но существенно упрощает расчетную схему, позволяет отказаться от метода конечных элементов и тем самым оперативно получать необходимые результаты.

Программа позволяет находить расчетное давление в уровне подошвы фундамента, осадки фундамента и продольные усилия в сваях.

Пример определения продольных усилий N_z в сваях и предельного давления q приведен на рис. 1.

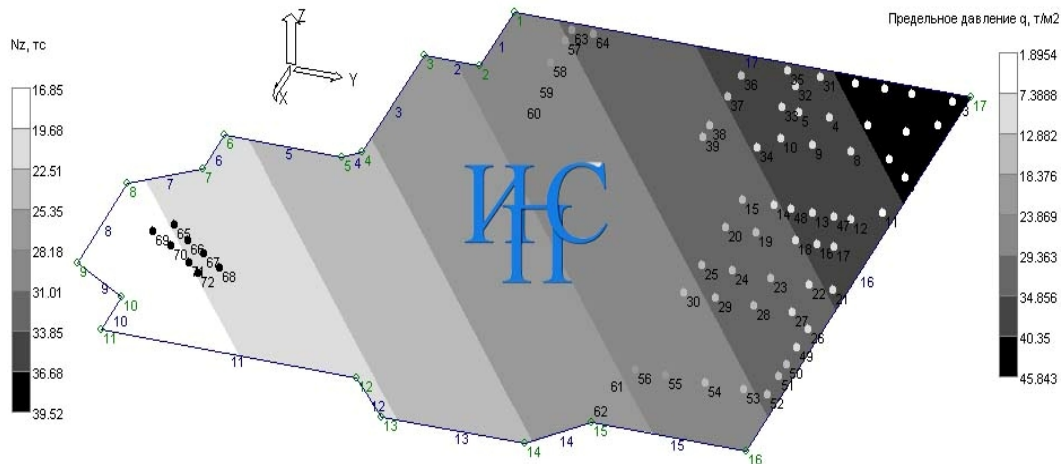


Рис. 1. Пример расчета давления на грунт в подошве фундамента, усиленного сваями Titan

При расчете фундамента, усиленного сваями, можно задавать линейные и нелинейные деформационные характеристики свай, в том числе характеристики, полученные в результате полевых испытаний [3] (рис. 2).

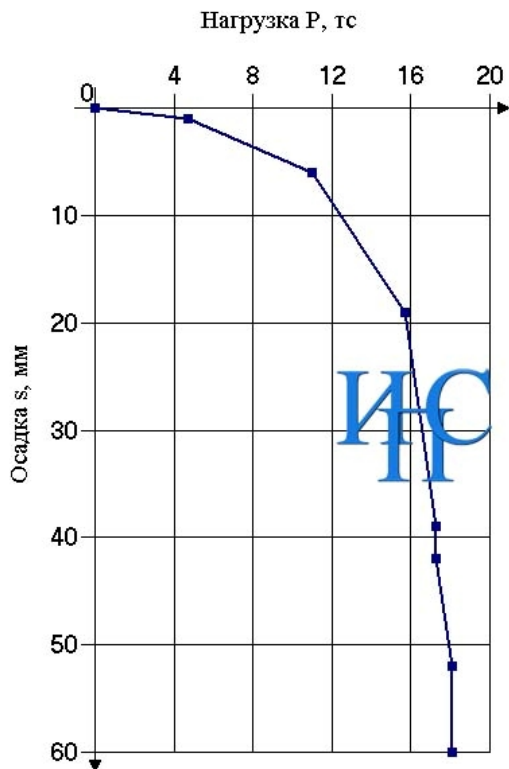


Рис. 2. Графики зависимости осадки сваи от нагрузки

Программа позволяет также выполнять расчеты поэтапно, с учетом поэтапного устройства свай и изменения нагрузок на фундамент. Программа содержит табличные и визуальные средства для анализа получаемых решений. Математическая модель, реализованная в программе, приведена в [3], там же приводится пример расчета по указанной программе устойчивости фундаментной плиты существующего здания, усиленной буровыми сваями.

Программа позволяет выполнять расчет комбинированного свайно-плитного фундамента со сваями любого типа – забивные железобетонные сваи, буронабивные, буринъекционные и т.д.

Программа GeoWall 1.0

Программа GeoWall 1.0 предназначена для расчета на прочность ограждающей конструкции котлована.

Область применения - расчет прочности ограждений, состоящих из одного ряда секущихся, касательных или отдельно стоящих буровых свай. Возможен расчет традиционных буронабивных свай, армированных арматурным каркасом или грунтоцементных свай, армированных металлической трубой. Кроме того, программа позволяет рассчитывать ограждение, состоящее из стальных труб большого диаметра.

В постановке задачи о напряженно-деформированном состоянии ограждения из буровых свай приняты следующие допущения:

- учитывается только продольная компонента тензоров деформаций и напряжений;
- бетон (грунтобетон) не сопротивляется растяжению;
- в расчетном сечении ограждения выполняется гипотеза плоских сечений.

Расчет на прочность выполняется в сечении с максимальной величиной изгибающего момента сил, действующих на ограждения со стороны грунта. Напряжения находятся с помощью статических уравнений равновесия для системы внешних уравновешенных сил, приложенных к части ограждения протяженностью в плане, равной шагу устройства свай.

Программа позволяет выполнять следующие типы расчетов:

- Проверочный расчет. Вычисляются коэффициенты запаса прочности в бетоне (грунтобетоне) и армирующей трубе.
- Подбор необходимой армирующей трубы из условия прочности ограждения.

Методика расчета приведена в [5].

ЗАО "ИНЖПРОЕКТСТРОЙ"

**Расчет параметров и напряженно-деформированного состояния
грунтобетонного ограждения**

Расстояние от оси колонны до сжатой зоны грунтоцемента (δ , мм):	47.239
Радиус кривизны нейтральной линии в расчетном сечении (R , мм):	104708.047
Грунтоцемент	
Максимальные напряжения (σ , МПа):	3.85
Коэффициент запаса прочности:	1.3
Арматура	
Максимальные напряжения (σ , МПа):	-242.08
Коэффициент запаса прочности:	1.03

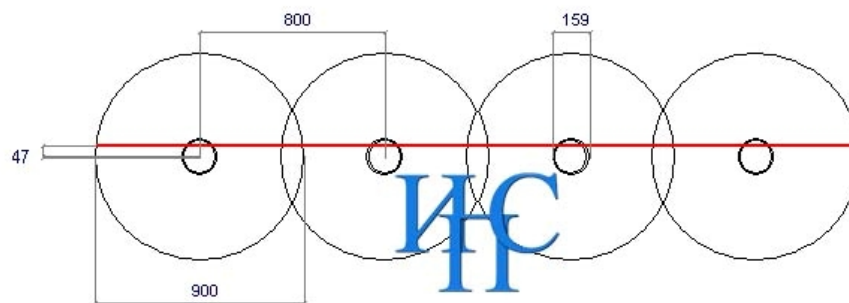


Рис. 5. Результаты расчета в программе GeoWall 1.0

Программа GeoWall 2.0 предназначена для расчета на прочность двухрядного ограждения.

Область применения - расчет прочности ограждений, состоящих из двух рядов секущихся, касательных или отдельно стоящих буровых свай. Возможен расчет ограждений, состоящих из традиционных буронабивных свай, армированных арматурным каркасом или грунтоцементных свай, армированных металлической трубой.

Программа позволяет выполнять следующие типы расчетов:

- Проверочный расчет. Вычисляются коэффициенты запаса прочности в бетоне (грунтобетоне) и армирующих трубах.
- Подбор трубы минимальной массы из заданного списка труб для армирования первого и второго рядов колонн из условия прочности ограждения.
- Подбор двух различных типов труб для армирования первого и второго рядов ограждения из условия минимальной массы и из условия прочности ограждения.

Расчетная модель двухрядного ограждения приведена в [5].

Разработанный метод расчета напряженно-деформированного состояния двухрядных грунтобетонных ограждений из секущихся колонн иллюстрируется следующим примером.

Пример. Двурядная конструкция ограждения выполнена из свай диаметром $D = 600$ мм, расположенных с шагом $b = 450$ мм и армированных стальной трубой 159×9 мм. Расстояние между рядами $w = 450$ мм. Остальные исходные данные и результаты решения задачи приведены на рис. 6.

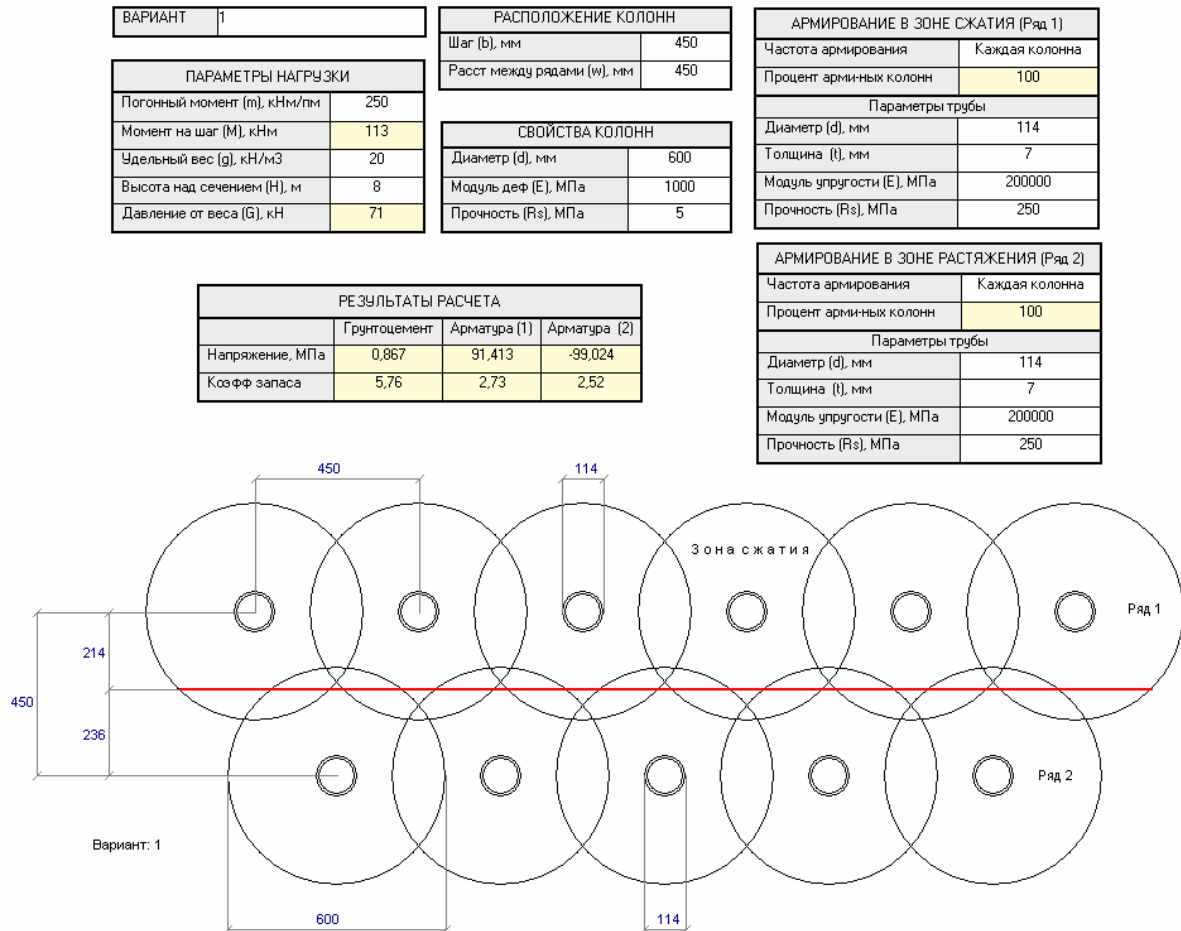


Рис. 6. Исходные данные и результаты расчета двухрядной конструкции ограждения.

Программа GeoPile 1.0

Программа предназначена для расчета свай, устроенных по технологии с теряемой буровой штангой. За рубежом данная технология известна как технология устройства свай Titan.

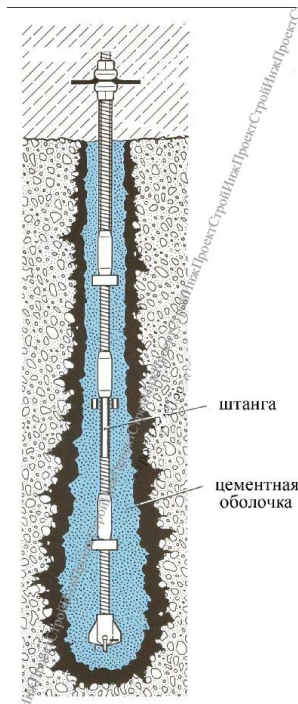


Рис. 3. Разрез свай Titan

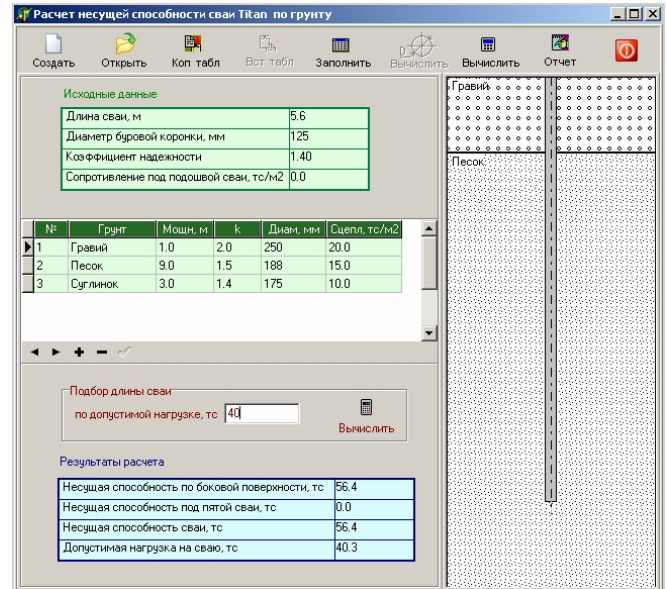


Рис. 4. Окно программы GeoPile 1.0

Несущая способность свай рассчитывается в соответствии с немецкими нормами проектирования DIN 1054-2005 «Subsoil – Verification of the safety of earthworks and foundation».

Положение сваи с учетом ее длины визуализируется в окне геологической колонки.

Расчетный модуль LR 1.0 (Longitudinal Rigidity)

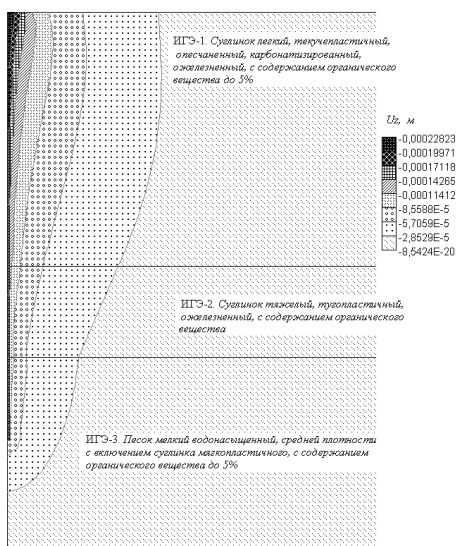


Рис. 7. Пример расчета свай Titan

Расчетный модуль LR разработан к программе GeoPlate с целью расчета продольной жесткости различных типов свай.

Программа разработана на основе метода конечных элементов в осесимметричной постановке, реализующего линейную модель вмещающего массива. В расчетной модели системы «свая – грунт» учитываются геометрические характеристики сваи – длина и форма продольного сечения, деформационные и прочностные характеристики материала сваи и грунта, модуль упругости и геометрические параметры сечения армирующего элемента.

Результаты расчета модуля жесткости достаточно хорошо совпадают с результатами полевых испытаний свай.

Модуль GeoBase 1.0

Модуль GeoBase 1.0 предназначен для расчета коэффициента постели упругости основания. Расчетная схема учитывает форму и размеры основания, неоднородность геологического строения грунтовой толщи. Модуль реализует 3D модель линейного неоднородного грунтового массива.

Литература

1. Рекомендации по расчету, проектированию и устройству свайных фундаментов нового типа в г.Москве. Правительство Москвы. Москомархитектура, 1997 г.
2. Инструкция по проектированию и устройству свайных фундаментов зданий и сооружений в г. Москве Правительство Москвы. Москомархитектура, 2001 г.
3. Малинин А.Г., Малинин П.А. Экономичные свайные фундаменты для малоэтажного строительства. Пермские строительные ведомости, Пермь: Пермский филиал ФГУ «Федеральный лицензионный центр при Росстрое». - № 11, 2006. – С. 9 -10.
4. Малинин А.Г., Чернопазов С.А. Инженерный метод расчета нагрузок на сваи, устраиваемые с применением JET – технологий для усиления фундаментных плит. Пермские строительные ведомости, Пермь: Пермский филиал ФГУ «Федеральный лицензионный центр при Росстрое». - № 12, 2006. – С. 8 -10.
5. Малинин А.Г., Малинин П.А., Чернопазов С.А. Методика расчета ограждающих конструкций, устроенных с применением струйной геотехнологии. Пермские строительные ведомости, Пермь: Пермский филиал ФГУ «Федеральный лицензионный центр при Росстрое». - № 9, 2006. – С. 7 -10.

**ЗАО «ИнжПроектСтрой»: г. Пермь, Комсомольский проспект, 34, офис 510, тел. (342)219-63-61, тел./факс (342)219-61-03
www.jet-grouting.ru e-mail: eps@permlink.ru**