

Некоторые организационно-технологические решения по устройству фундаментов при застройке техногенных территорий.

Е.А. Егоров

Национальный Исследовательский Московский Государственный Строительный Университет НИУ МГСУ, Москва

Аннотация: Расширение городского пространства выполняется за счёт строительства современных многоэтажных зданий, расположенных, в основном, на свободных участках по периметру существующей городской территории. Часто бывает, что такие участки ранее подвергались и подвергаются различным техногенным воздействиям. При этом техногенные воздействия могут оказывать влияние на инженерно-геологические условия, ухудшая естественные физико-механические свойства оснований. Примером может служить устройство различных видов свалок, перемещение почвенно-растительного слоя, искусственное изменение гидрогеологических условий. Устройство фундаментов на таких грунтах является более сложным, чем в обычных условиях. Несущая способность оснований снижена, геологические напластования неоднородны. Проектирование фундаментов требует выполнение расчётов, с учётом вышеназванных факторов. Последующая реализация проекта требует более высоких финансовых и временных затрат на подготовку оснований и устройство фундаментов, по сравнению со строительством аналогичных зданий в условиях не подверженных ранее техногенному влиянию. В статье приведены примеры по устройству фундаментов на искусственном основании при строительстве современных многоэтажных жилых зданий на территории бывших полей аэрации в г. Люберцы. Даны и проанализированы результаты выполнения работ. Результаты исследования могут быть полезны при проектировании и последующим строительстве современных зданий в аналогичных условиях.

Ключевые слова: фундамент, грунт, основание, осадка, мониторинг, строительство.

В условиях постоянно растущей площади столичного мегаполиса, самой Москвы и её пригородов, под застройку идут различные территории, в том числе ранее подвергшиеся значительному техногенному воздействию. Строительство на таких участках обусловлено не только экономической составляющей [1] - получением прибыли, хотя эта составляющая играет значительную роль, но и необходимостью увязать существующую городскую инфраструктуру с инфраструктурой новых застраиваемых территорий [2]. Городская среда расширяется по периметру, и ассимилирует в себе всё, что расположено вокруг [3]. В середине 2000-х годов в генплан развития г.Москвы и пригородов вошли значительные участки бывших полей аэрации

в окрестностях г.Люберцы. Поля были сооружены в 1907—1912 годах в рамках проекта второй очереди Московской канализации. Сточные воды подавались на поля с Главной насосной станции через Загородный Люберецкий канал. После постройки в 1960-х годах современных очистных сооружений Люберецкой станции аэрации использование полей постепенно прекратилось. Район начал застраиваться в 2007 году, параллельно с проведением работ по восстановлению территорий на месте бывших полей аэрации. Автором статьи был разработан проект инженерной подготовки территории кварталов 7, 7а, 8 и 8а, который был успешно реализован в 2007 году. Также в 2007 году началось строительство 4 миллионов квадратных метров жилья на территории около 500 гектар.

Инженерно-геологические изыскания участка строительства показали, что практически вся территория не подходит для устройства фундаментов на естественном основании. Слишком слабые, по несущей способности, оказались грунты, подвергавшиеся длительному техногенному воздействию.

Для уменьшения сроков проектирования и последующего строительства были приняты несколько вариантов свайных фундаментов, с применением в основном 12-ти метровых забивных свай, а на некоторых корпусах 15-ти метровых буроинъекционных. При этом практически под всеми корпусами предполагалось устройство плитных ростверков. Основные инвесторы проекта застройки сначала согласились с предложением унифицировать типы фундаментов, но при расчётах стоимости, оказалось, что это приводит к значительному удорожанию строительства. Было принято решение - под каждый корпус проектировать свой фундамент.

Принимая во внимание низкую несущую способность грунта, всем заинтересованным структурам и так было понятно, что на естественном основании возвести фундаменты не получится. Однако было решено рассмотреть альтернативные варианты.

В случаях, когда возведение фундамента на естественном основании невозможно могут рассматриваться следующие решения: 1. Усиление основания различными способами (цементация, силикатизация, армирование грунта), 2. Устройство свайного фундамента, 3. Замена слабого слоя грунта на искусственное основание с послойным уплотнением. Каждый из этих способов имеет свои преимущества и недостатки и может быть реализован при тех или иных обстоятельствах. При аналогичных значениях увеличения несущей способности основания на первое место выходит экономическая эффективность и временная составляющая [4-5].

Проанализировав результаты инженерно-геологических изысканий, автор статьи, совместно с коллегами обнаружил, что толщина верхнего слабого слоя грунта, непосредственно являющимся основанием фундамента имеет переменную толщину и примерно на 1/3 площади микрорайонов 8 и 8А его толщина относительно небольшая – от 1,2 до 1,8 метра (от низа подошвы фундамента). Но его модуль деформации был всего 5,5 мПа и расчёты показывали, что осадка фундамента на естественном основании превысит предельно допустимые значения. Однако, при замене слабого грунта на песчано-гравийную смесь с послойным уплотнением, результаты расчётов изменились в лучшую сторону и необходимость в устройстве свай отпала. Проведя анализ экономической составляющей, включающий затраты на устройство свайного фундамента и затраты на замену грунта, оказалось что устройство искусственного основания в виде подушки из песчано-гравийной смеси с послойным уплотнением, является значительно менее затратным способом по сравнению с устройством свайного фундамента [6-7].

На основании проведённого анализа было принято решение выполнить устройство искусственного основания под 8 из 26 корпусов микрорайонов 8 и 8А. Под остальные корпуса принято решение выполнить

свайный фундамент, в связи с тем, что толщина слоя слабого грунта более 2-х метров и замена грунта в данном случае экономически нецелесообразна [8].

Устройство искусственного основания выполнялось следующими этапами: 1) экскавация слабого слоя грунта до нижележащего более прочного инженерно-геологического слоя; 2) Отсыпка песчано-гравийной смеси слоями, толщиной 30 см с послойным уплотнением катками до коэффициента уплотнения $K_{com} = 0,95$; 3) Отсыпка и уплотнение финального слоя смеси на проектных отметках низа подошвы фундаментов.



Рис. 1. Послойное уплотнение песчано-гравийной смеси катками.

После окончательного устройства искусственного основания выполнялось устройство фундаментов и последующее строительство корпусов. В процессе устройства конструкций нулевого цикла, на них производилась установка деформационных марок для последующего проведения геотехнического мониторинга строящихся корпусов.

Геотехнический мониторинг выполнялся в течение всего периода строительства и один календарный год после ввода корпусов в эксплуатацию. Результаты геотехнического мониторинга показали, что осадка всех 8-ми корпусов построенных на искусственном основании не превысила расчётных и предельно-допустимых значений и стабилизировалась после нагружения корпусов проектной нагрузкой, т.е. после их ввода в эксплуатацию и заселения жителями.

В таблице 1 приведено краткое сравнение стоимости устройства фундаментов для 3-х корпусов микрорайона 8а, с учётом различных вариантов. Следует отметить, что стоимость складывалась с учётом различным факторов и для варианта с искусственным основанием в основном зависела от объёма грунта, подлежащего замене.

Таблица № 1

Адрес объекта	Способы устройства фундаментов и стоимость (в ценах 2007г.)		
	1. Свайный фундамент с плитным ростверком	2. Усиление грунтов основания направленным гидроразрывом с последующей цементацией	3. Устройство плитного фундамента на искусственном основании
Г.Люберцы мкр. 8а корпус 5	16 млн. рублей	12,5 млн. рублей	9,6 млн. рублей
Г.Люберцы	21 млн. рублей	17,5 млн. рублей	15,1 млн. рублей

мкр. 8а корпус 6			
Г.Люберцы мкр. 8а корпус 7	19,5 млн.рублей	18,2 млн. рублей	14,1 млн. рублей

Таким образом, с экономической точки зрения не было сомнений в эффективности выбора способа устройства фундаментов на искусственном основании [9]. Были некоторые сомнения с технологической точки зрения, так как достаточно сложно на значительных по площади участках строящихся корпусов проконтролировать послойное уплотнение песчано-гравийной смеси катками до коэффициента уплотнения $K_{som} = 0,95$. Но, тем не менее, поставленные задачи были выполнены и жилые корпуса успешно построены.

Общая экономия по возведению 8-ми корпусов составила более 40 миллионов рублей. Кроме этого устройство фундаментов этих корпусов выполнялось намного легче технологически [10]. Отпала необходимость в забивке свай, выполнения их испытаний статической и динамической нагрузкой, сроки устройства фундаментов были сокращены.

В настоящее время построенные здания отвечают всем критериям устойчивости и эксплуатационной надёжности. Принимая во внимание, что здания строились на участке, длительное время подвергавшемся техногенным воздействиям, геотехнический мониторинг за построенными корпусами продолжался в течении 5-ти лет после ввода в эксплуатацию, с периодичностью раз в полгода. Это было обусловлено опасениями, что осадка, хоть и небольшая, продолжится во времени. Однако, осадки на всех

корпусах стабилизировались в первый год после их ввода в эксплуатацию и в дальнейшем не возобновились.

Выводы: Вопрос о способах устройства фундаментов в каждом случае решается индивидуально. Решение зависит от инженерно-геологических условий, нагрузок, результатов расчётов и экономической эффективности выбранного способа. Рассматривая различные варианты, можно прийти к более экономичному и более технологически удобному способу. Статья основана на выполнении реальных проектных и строительных работ.

Литература

1. Сборщиков С.Б. Теоретические закономерности и особенности организации воздействий на инвестиционно-строительную деятельность // Вестник МГСУ. 2009. № 2. С. 183 – 187.
2. Москаленко А.И. Многоквартирные жилые дома конца 19-начала 20 веков // Инженерный вестник Дона, 2012, №4 (часть 1). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1102.
3. Горгорова Ю.В. Проектирование гостиниц для природно-климатических условий гор и предгорий Юга России // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2087/.
4. Гиясов Б.И., Цева А.В. Влияние энергоэффективности зданий на экологический баланс окружающей среды // Научное обозрение №4, М., 2015. № 4, С.174-178.
5. Волков А.А., Гиясов Б.И., Чельшков П.Д., Седов А.В., Стригин Б.С. Оптимизация архитектуры и инженерного обеспечения современных зданий в целях повышения их энергоэффективности // Научно-технический вестник Поволжья №6, Казань, 2014. С.111-113.

6. Савенок А.Ф., Е.И. Савенок. Основы экологии и рационального природопользования. Минск, 2004. С. 432.
7. Бродач М.М. Теплоэнергетическая оптимизация ориентации и размеров здания // Научные труды НИИ строительной физики. М., 1987. С. 97-101.
8. Губернский Ю.Д., Лицкевич В.К. Жилище для человека. М., 1991. С. 35-43.
9. Gihan L. K. Garas, Hala G. El Kady, Ayman H. El Alfy. Developing a new combined structural roofing system of domes and vaults supported by cementitious straw bricks // Journal of Engineering and Applied Sciences, 2010, №4. URL: arnjournals.com/jeas/research_papers/rp_2010/jeas_0410_324.pdf.
10. Mohammadjavad Mahdavinejad, Negar Badri, Maryam Fakhari, Mahya Haqshenas. The Role of Domed Shape Roofs in Energy Loss at Night in Hot and Dry Climate (Case Study: Isfahan Historical Mosques Domes in Iran) // American Journal of Civil Engineering and Architecture, 2013, №6. URL: pubs.sciepub.com/ajcea/1/6/1/.

References

1. Sborschikov S.B. Vestnik MGSU, 2009, № 2. pp. 183 – 187.
2. Moskalenko A.I. Inzhenernyj vestnik Dona, 2012, №4 (part 1). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4p1y2012/1102.
3. Gorgorova Yu.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2087/.
4. Giyasov B.I., Ceva A.V. Nauchnoe obozrenie, 2015, №4, pp.174-178.
5. Volkov A.A., Giyasov B.I., Chelyishkov P.D., Sedov A.V., Strigin B.S. Nauchno-tehnicheskiy vestnik Povolzhya №6, Kazan, 2014. pp.111-113.
6. Savenok A.F., E.I. Savenok. Osnovy ekologii i ratsionalnogo prirodopolzovaniya [Fundamentals of ecology and environmental management]. Minsk, 2004. p. 432.
7. Brodach M.M. Nauchnyie trudyi NII stroitelnoy fiziki, 1987, pp. 97-101.



8. Gubernskiy Yu.D., Litskevich V.K. Zhilische dlya cheloveka [The dwelling for the person]. M., 1991. pp. 35-43.
9. Gihan L. K. Garas, Hala G. El Kady, Ayman H. El Alfy. Journal of Engineering and Applied Sciences, 2010, №4. URL: arnjournals.com/jeas/research_papers/rp_2010/jeas_0410_324.pdf.
10. Mohammadjavad Mahdavinejad, Negar Badri, Maryam Fakhari, Mahya Haqshenas. American Journal of Civil Engineering and Architecture, 2013, №6. URL: pubs.sciepub.com/ajcea/1/6/1/.