

УДК 624.131

*А.Н.Гайдо*, кан-т техн. наук, доцент  
(Санкт-Петербургский государственный  
архитектурно-строительный университет)

*E-mail: gaidoan@mail.ru*

*A.N. Gaido*, PhD in Sci.Tech., Associate Professor  
(Saint-Petesberg State University of  
Architecture and Civil Engineering)

*E-mail: gaidoan@mail.ru*

## **ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ УСТРОЙСТВА ФУНДАМЕНТОВ МНОГОЭТАЖНЫХ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

### **THE PURPOSES AND RESEARCH PROBLEMS OF TECHNOLOGICAL DECISIONS OF THE DEVICE OF THE BASES OF MANY-STOREYED BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS**

Исследуются технологии устройства свайных фундаментов и ограждений котлованов многоэтажных зданий и сооружений. Рассмотрены современные технологии, применяемые в инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга. Сравнительная эффективность технологий оценивается на основании расчетов интегрального показателя технологичности состоящего из трех критериев: производственного, надежности и качества, и технико-экономического.

*Ключевые слова:* свайные технологии, расчет технологичности, ограждения котлованов, шпунт.

Technologies of the device of the pile bases of many-storeyed buildings and constructions and protections of foundation ditches are investigated. The basic modern technologies applied in engineering-geological conditions of St.-Petersburg are considered. Comparative efficiency of technologies is estimated on the basis of calculations of an integrated indicator of adaptability to manufacture consisting of three criteria: industrial, reliability and quality, and technical and economic.

*Keywords:* pile technologies, calculation of adaptability to manufacture, a protection of foundation ditches, sheet pile.

В современных условиях существует необходимость строительства многоэтажных высотой более 75 м и высотных зданий высотой более 100

м что вызвано дефицитом и высокой стоимостью земельных участков в крупных городах.

Такие здания, имея большую полезную площадь, чем малоэтажные потребляют значительно меньше энергии, позволяют сократить протяженность инженерных коммуникаций и систем общественного транспорта. Компактность застройки упрощает создание инфраструктуры социального обеспечения населения, позволяет разместить на минимальной площади максимально возможное количество деловых и общественных помещений.

Экономически оправданно строительство многоэтажных зданий с фундаментами, характеризующимися значительной площадью опирания и развитой подземной частью (в отдельных случаях до 6 этажей), большими эксцентриситетами и нагрузками, передаваемыми на грунты основания (свыше 0,5 МПа), изменением напряженно-деформированного состояния грунтов при извлечении больших объемов грунта, циклическими воздействиями ветровых нагрузок, передаваемыми на грунты основания через конструкции здания.

Такие требования, нехарактерные для фундаментов малоэтажных зданий требуют создания специальных технологий строительства, позволяющих устраивать надежные подземные конструкций многоэтажных зданий и обеспечивать сохранность застройки, прилегающей к участку строительства.

Известно, что инженерно-геологические условия Санкт-Петербурга характеризуются мощной толщей четвертичных грунтов, образовавшихся в основном после ледникового периода, подстилающихся неровной поверхностью нижнекембрийских и верхнепотерозойских отложений. Четвертичные отложения характеризуется крайне неоднородным составом и толщиной от нескольких до 100 метров в приустьевой части реки Невы, в подавляющем случае в верхнем строительном слое разрезы представлены

слабыми водонасыщенными грунтами, склонными к потере несущей способности при динамических воздействиях а также при морозном пучении.

В этих условиях наиболее надежной конструкцией фундаментов является комбинированное плитно-свайное решение, в котором предполагается, что в процессе эксплуатации здания часть нагрузки от свай будет передаваться и перераспределяться на плиту ростверка (до 20 %). Кроме того, не симметричное приложение нагрузок от здания может быть уравновешено варьированием количества и расположения свай в фундаменте, подбором их длин и диаметров, а жесткая плита позволит скомпенсировать неравномерные осадки и крены на разнородных основаниях.

Существующие схемы устройства плитно-свайных фундаментов многоэтажных и высотных зданий представленные на рис. показывают, что одним из наиболее ответственным этапом является устройство свайного основания. В практике отечественного фундаментостроения существуют две конкурентные технологии – погружение различными методами сплошных свай и оболочек заводского изготовления и буронабивные сваи.

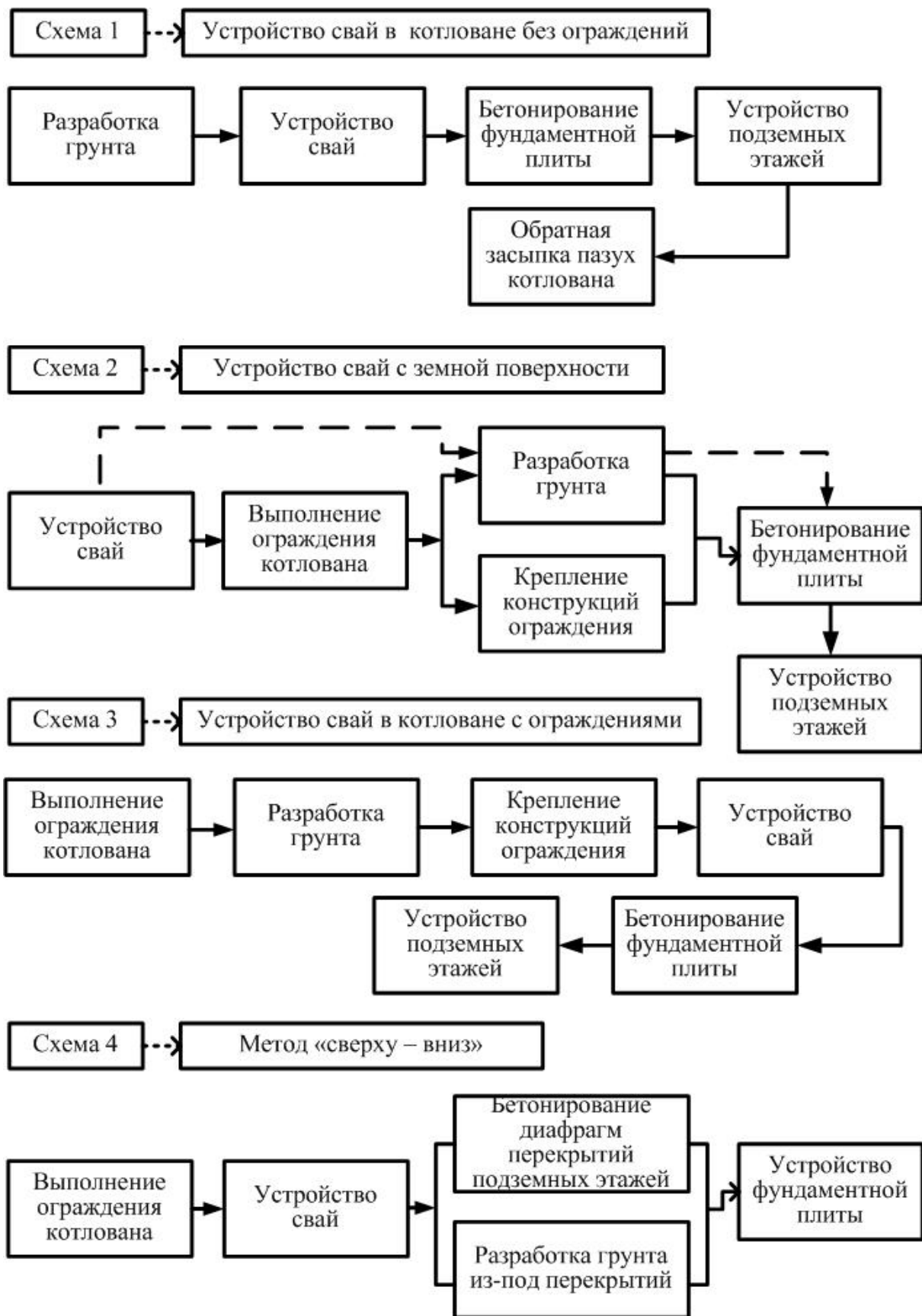


Рис. Схемы устройства фундаментов многоэтажных и высотных зданий.

Сваи заводского изготовления погружают тремя способами – забивным, вдавливанием и вибрационным. В настоящее время в Санкт-Петербурге широко применяются следующие буронабивные технологии [1].

А. Буровые сваи с извлечением грунта:

- устройство свай вращательным бурением с промывкой ствола скважины глинистым раствором;
- проходной шнек – скважина устраивается с помощью непрерывного проходного шнека;
- устройство свай под защитой обсадных труб с извлечением грунта шнеками или специальным буровым инструментом, закрепленным на конце телескопической штанги;
- устройство свай под защитой железобетонных оболочек, погружаемых вибрационным способом, с извлечением грунта из внутренней полости оболочек вибрационным грейфером, закрепленным на тросе грузоподъемного механизма;
- технология двойного вращения под защитой вращающейся обсадной трубы внутри которой перемещается полый шнек.

Б. Набивные сваи без извлечения грунта:

- ввинчивание полый обсадной трубы с теряемым башмаком. По мере извлечения трубы образуемая полость в грунте заполняется бетоном;
- вибрационное погружение обсадной трубы с теряемым башмаком;
- забивка обсадной трубы с теряемым башмаком и извлечением её вибратором;
- ввинчивание обсадной трубы, оснащенной шнеком раскатчиком. При извлечении в полость трубы под давление подается бетонная смесь, вытесняющая грунт из скважины (технологию также называют «сваи вытеснения»).

Каждая из перечисленных технологий в конкретных инженерно-геологических условиях строительной площадки имеет свои преимущества и недостатки. Например, применение свай заводского изготовления выгодно отличается гарантированным качеством ствола сваи, большой производительностью и относительно небольшой стоимостью погружения погонного метра. Основным недостатком состоит в ограничении по размерам и несущей способности, динамическим воздействиями на окружающую среду при погружении. Преимущество буронабивных технологий, состоит в универсальности по размерам (длина до 80 м, диаметры от 0,2 до 2,0 м) и возможной передачи больших нагрузок на грунт (свыше 3000 т), а главный недостаток в отсутствие гарантии сплошности ствола сваи, особенно при работе в слабых грунтах.

С учетом изложенного, выбор рациональных технологий устройства свайных фундаментов приобретает особую важность уже на стадии оформления участка под застройку и формирования застройщиком задания на проектирование. В этих условиях необходимо различать требования, предъявляемые к технологиям в зависимости от расположения объекта:

- в квартале нового строительства без ограничений уровня динамического воздействия в виде производимого шума и динамических возмущений в грунте;
- в современном застроенном квартале, в зависимости от расстояний до существующих зданий и сооружений, так в действующей нормативной литературе различают следующие зоны ответственности: непосредственно в примыкании, на удалении до 20 м, 20 – 30 м и свыше 30 м;
- в исторической части города.

Поставленную задачу выбора технологий можно решить на основании анализа факторов технологичности, под которой понимается совокупность положительных качеств свайной технологии в конкретных инженерно-

геологических условиях строительства, по всем или основным показателям, превосходящим сравнительные варианты.

Технологичность следует оценивать по трем уровням критериев:

1-й уровень – интегральный;

2-й уровень – обобщенные критерии оценки вариантов устройства свайного основания по трем группам: 1-я – производственная, 2-я – критериев надежности и качества, 3-я – технико-экономических показатели;

3-й уровень – дифференциальные или простые критерии.

Производственная технологичность характеризует рассматриваемую технологию с точки зрения трудозатрат, требуемых минимальных размеров участка работ и транспортного объема буровой установки или копра, производимого уровня шума, что особенно важно при работе в стесненных условиях строительства.

Технологичность, определяющая качество и надежность выражает совокупность свойств фундамента в показателях размеров и несущей способности свай в период нормальной эксплуатации.

Технологичность технико-экономических оценок характеризует варианты технологий с точки зрения производительности и стоимости работ.

Для оценки технологичности каждого варианта необходимо, чтобы все критерии измерялись в соизмеримых показателях: интегральный  $0 \leq J_i \leq 1$ ; обобщенный  $0 \leq m_i \leq 1$ ; дифференциальный  $0 \leq m_{ij} \leq 1$ .

Для выполнения указанного условия все частные показатели  $x_{ij}$  преобразовываются в безразмерные величины по формулам [2]:

$$m_{ij} = x_{ij} / x_i^{\max} \quad (1)$$

$$m_{ij} = x_i^{\min} / x_{ij} \quad (2)$$

Формула (1) применяется, когда увеличение рассматриваемого показателя ведет к увеличению обобщенного и интегральных критериев, в противном случае применяется выражение (2).

Обобщенный и интегральный критерии рассчитываются по формулам:

$$m_i = \sum_{j=1}^n m_{ij} K_i^{\text{обобщен}}, \quad J_i = \sum_{j=1}^n m_j K_i^{\text{интегральн}} \quad (3)$$

где  $K_i^{\text{обобщен}}$ ,  $K_i^{\text{интегральн}}$  коэффициенты весомости  $i$ -х обобщенных и интегральных критериев соответственно, определяемых по методу экспертных оценок.

Частные показатели технологичности вариантов устройства свай для общих условий строительства представлены в табл. 1.

Следует отметить, что номенклатура и количество учитываемых показателей может варьироваться в зависимости от условий строительства и конструктивных особенностей возводимого сооружения.

Результаты преобразования частных критериев в безразмерные величины по формулам 1 и 2 представлены в табл. 2.

Критерии, определяющие производственную технологичность и соответствующие коэффициенты весомости сведены в табл. 3. С учетом возрастания критерия  $m_1$  можно сделать предварительные выводы по приоритетности рассматриваемых вариантов свайных технологий: 4 → 5 → 9 → 2, 7, 8, 10 → 6 → 3 (устройство буровых свай проходным шнеком) → 1 (забивка свай заводского изготовления).



Таблица 1

## Частные показатели технологичности

Индекс частного показателя	Наименование частных показателей технологичности	Технологии устройства свай									
		Забивка свай (вариант 1)	Под глинистым раствором (вариант 2)	Проходной шнек (вариант 3)	Под защитой обсадных труб (вариант 4)	Под защитой вибропогружных ж/б оболочек (вариант 5)	Двойное вращение (вариант 6)	С ввинчиванием обсадной трубы с терзем. башмаком (вариант 7)	С вибрационным погружением обсадной трубы (вариант 8)	С забивкой обсадной трубы с вибрацион. извлечением (вариант 9)	С ввинчиванием обсадной трубы с шнеком-раскатчиком (вариант 10)
$x_1$	Макс. длина свай, м	32	30	32	60	48	26	40	30	30	30
$x_2$	Макс. диаметр свай, м	0,4	0,45	0,8	2,0	1,6	0,8	0,6	0,6	0,6	0,8
$x_3$	Производит., шт/смену	8	1	8	1	1	7	5	7	7	6
$x_4$	Производ, пм/смену	235	50	170	50	48	170	150	150	180	150
$x_5$	Состав звена, чел	4	4	4	5	5	4	4	4	4	4
$x_6$	Масса установки, т	75	14	100	120	75	100	100	70	70	100
$x_7$	Транспортный объем, м <sup>3</sup>	173,6	21,3	158	197	130	175,5	301	235	180	157,5
$x_8$	Минимальная площадь участка, м <sup>2</sup>	50	35	70	95	45	75	68	72	72	73
$x_9$	Стоимость работ за п.м., тыс.р./п.м.	1,9	5,0	3,5	10,0	32,7	3,6	2,7	3,4	2,5	2,8
$x_{10}$	То же за смену, тыс. р.	446,5	250	595	500	1568	612	405	510	450	420
$x_{11}$	Уровень шума при работе установки, дБ	91	75	82	82	82	82	82	85	90	82
$x_{12}$	Возможность работы на расстоянии 30 м от существ. застройки	0	1	1	1	1	1	1	1	0	1
$x_{13}$	Средняя несущая способность т/п.м.	5	4	13	20	22	10	11	10	12	13
$x_{14}$	Стоимость возведения условного фундамента, млн.руб	19	62,5	13,5	25	74,3	18	12,3	17,0	10,4	10,8

Таблица 2

## Дифференциальные критерии технологичности

Индекс частного показателя	Наименование критериев	Технологии устройства свай									
		Забивка свай (вариант 1)	Под глинистым раствором (вариант 2)	Проходной шнек (вариант 3)	Под защитой обсадных труб (вариант 4)	Под защитой вибропогружных ж/б оболочек (вариант 5)	Двойное вращение (вариант 6)	С ввинчиванием обсадной трубы с терям. башмаком (вариант 7)	С вибрационным погружением обсадной трубы (вариант 8)	С забивкой обсадной трубы с вибрацион. извлечением (вариант 9)	С ввинчиванием обсадной трубы с шнеком-раскатчиком (вариант 10)
$x_1$	Макс. длина свай	0,53	0,50	0,53	1,00	0,80	0,43	0,67	0,50	0,50	0,50
$x_2$	Макс. диаметр свай	0,20	0,23	0,40	1,00	0,80	0,40	0,31	0,30	0,30	0,40
$x_3$	Производит., шт/смену	1,00	0,13	1,00	0,13	0,13	0,88	0,63	0,88	0,88	0,75
$x_4$	Производ, пм/смену	1,00	0,21	0,72	0,21	0,20	0,72	0,64	0,64	0,77	0,64
$x_5$	Состав звена	1,00	1,00	1,00	0,80	0,80	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
$x_6$	Масса установки	0,19	1,00	0,14	0,12	0,19	0,14	0,14	0,14	0,20	0,14
$x_7$	Транспортный объем	0,12	1,00	0,14	0,11	0,16	0,12	0,07	0,07	0,12	0,14
$x_8$	Минимальная площадь участка	0,70	1,00	0,50	0,37	0,78	0,47	0,51	0,51	0,49	0,48
$x_9$	Стоимость работ за п.м.	1,00	0,38	0,54	0,19	0,06	0,53	0,70	0,70	0,76	0,68
$x_{10}$	То же за смену	0,56	1,00	0,42	0,50	0,16	0,41	0,62	0,62	0,56	0,60
$x_{11}$	Уровень шума при работе установки	0,82	1,00	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,83	0,91
$x_{12}$	Возможность работы на расстоянии 30 м от существ. застройки	0,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0,00	1,00
$x_{13}$	Средняя несущая способность	0,23	0,18	0,59	0,91	1,00	0,45	0,50	0,45	0,55	0,59
$x_{14}$	Стоимость возведения условного фундамента	0,55	0,17	0,77	0,42	0,14	0,58	0,85	0,85	1,00	0,97

Таблица 3

## Обобщенные критерии производственной технологичности

Индекс частного показателя	Наименование критериев и коэффициенты весомости	Технологии устройства свай									
		Забивка свай (вариант 1)	Под глинистым раствором (вариант 2)	Проходной шнек (вариант 3)	Под защитой обсадных труб (вариант 4)	Под защитой вибропогружных ж/б оболочек (вариант 5)	Двойное вращение (вариант 6)	С ввинчиванием обсадной трубы с терjem. башмаком (вариант 7)	С вибрационным погружением обсадной трубы (вариант 8)	С забивкой обсадной трубы с вибрацион. извлечением (вариант 9)	С ввинчиванием обсадной трубы с шнеком-раскатчиком (вариант 10)
$x_4$	Производ. $K=0,53$	0,53	0,11	0,38	0,11	0,11	0,38	0,34	0,34	0,41	0,34
$x_6$	Масса установки, $K=0,1$	0,02	0,10	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01
$x_7$	Транспортный объем, $K=0,1$	0,01	0,10	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
$x_8$	Минимальная площадь участка, $K=0,09$	0,06	0,09	0,05	0,03	0,07	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04
$x_{11}$	Уровень шума при работе, $K=0,08$	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
$x_{12}$	Возможность работы на расстоянии 30 м от существ. застройки, $K=0,1$	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1
Обобщенный критерий $m_1$		0,69	0,58	0,63	0,34	0,39	0,62	0,58	0,58	0,55	0,58
Коэффициент весомости в структуре интегрального критерия технологичности $K_1=0,27$											

Результаты расчетов обобщенных критериев надежности и качества с соответствующими коэффициентами весомости представлены в табл.4. Следует отметить, что значения показателя средней несущей способности свай ( $x_{13}$ ) получены на основании анализа результатов испытаний грунтов статической вдавливающей нагрузкой для многоэтажных и высотных зданий в Санкт-Петербурге, предоставленных ЗАО «ПКТИ».

Результаты расчетов обобщенных технико-экономические критериев  $m_3$  представлены в табл.5.

Таблица 4

## Обобщенные критерии надежности и качества

Индекс частного показателя	Наименование критериев показателей и коэффициенты весомости	Технологии устройства свай									
		Забивка свай (вариант 1)	Под глинистым раствором (вариант 2)	Проходной шнек (вариант 3)	Под защитой обсадных труб (вариант 4)	Под защитой вибропогружных ж/б оболочек (вариант 5)	Двойное вращение (вариант 6)	С ввинчиванием обсадной трубы с теряем. башмаком (вариант 7)	С вибрационным погружением обсадной трубы (вариант 8)	С забивкой обсадной трубы с вибрацион. извлечением (вариант 9)	С ввинчиванием обсадной трубы с шнеком-раскатчиком (вариант 10)
$x_1$	Макс. длина свай, $K=0,14$	0,07	0,07	0,07	0,14	0,11	0,06	0,09	0,07	0,07	0,07
$x_2$	Макс. диаметр свай, $K=0,23$	0,05	0,05	0,09	0,23	0,18	0,09	0,07	0,07	0,07	0,09
$x_{13}$	Средняя несущая способность, $K=0,63$	0,14	0,11	0,37	0,57	0,63	0,29	0,32	0,29	0,34	0,37
Обобщенный критерий $m_2$		0,26	0,24	0,54	0,94	0,93	0,44	0,48	0,43	0,48	0,53
Коэффициент весомости в структуре интегрального критерия технологичности $K_2= 0,33$											

Таблица 5

## Обобщенные технико-экономические критерии технологичности

Индекс частного показателя	Наименование критериев показателей и коэффициенты весомости	Технологии устройства свай									
		Забивка свай (вариант 1)	Под глинистым раствором (вариант 2)	Проходной шнек (вариант 3)	Под защитой обсадных труб (вариант 4)	Под защитой вибропогружных ж/б оболочек (вариант 5)	Двойное вращение (вариант 6)	С ввинчиванием обсадной трубы с теряем. башмаком (вариант 7)	С вибрационным погружением обсадной трубы (вариант 8)	С забивкой обсадной трубы с вибрацион. извлечением (вариант 9)	С ввинчиванием обсадной трубы с шнеком-раскатчиком (вариант 10)
$x_9$	Стоимость работ за п.м., $K=0,15$	0,15	0,06	0,08	0,03	0,01	0,08	0,11	0,11	0,11	0,10
$x_{10}$	То же за смену, $K=0,11$	0,06	0,11	0,05	0,06	0,02	0,04	0,07	0,07	0,06	0,07
$x_{14}$	Стоимость возведения условного фундамента, $K=0,7$	0,41	0,12	0,57	0,31	0,10	0,43	0,63	0,63	0,74	0,72
Обобщенный критерий $m_3$		0,62	0,29	0,70	0,39	0,13	0,55	0,80	0,80	0,92	0,88
Коэффициент весомости в структуре интегрального критерия технологичности $K_3= 0,40$											

Значения интегрального критерия технологичности  $J_i$ , рассчитанные по формуле 3 суммированием произведений обобщенных критериев на коэффициенты весомости, показаны в табл. 6. С учетом возрастания коэффициента  $J_i$  от 0,35 до 0,69 можно заключить о приоритетности рассматриваемых вариантов: 2→5→1→6→4→8→3→7→9→10. На основании приведенного расчета самым технологичным является вариант устройства набивных свай с ввинчиванием обсадной трубы, оснащенной шнеком-раскатчиком.

Таблица 6

Интегральные критерии технологичности  $J_i$

Технологии устройства свай									
Под глинистым раствором (вариант 2)	Под защитой вибропогружных ж/б оболочек (вариант 5)	Забивка свай (вариант 1)	Двойное вращение рабочих элементов (вариант 6)	Под защитой обсадных труб (вариант 4)	С вибрационным погружением обсадной трубы (вариант 8)	Проходной шнек (вариант 3)	С ввинчиванием обсадной трубы с терям. башмаком (вариант 7)	С забивкой обсадной трубы с вибрацион. извлечением (вариант 9)	С ввинчиванием обсадной трубы с шнеком-раскатчиком (вариант 10)
0,35	0,46	0,52	0,53	0,56	0,62	0,63	0,64	0,67	<b>0,69</b>

Указанную методику следует уточнять для конкретных условий строительства. Например, для высотных зданий и сооружений для предотвращения неравномерных осадок длина свай может превышать 50 – 60 м, а несущая способность по грунту достигать 3500 т, в этом случае следует рассматривать варианты технологий устройства буровых свай под защитой обсадных труб, в железобетонных оболочках погружаемых вибрационным способом с извлечением грунта виброгрейферами или траншейных свай (баретты), выполняемых по элементам технологии «стена в грунте».

Следующую технологическую задачу, которую необходимо решать при устройстве фундаментов высотных зданий это обеспечение устойчивости стенок котлованов. Многоэтажные здания устраиваются с развитой

подземной частью, с расположением в ней технических помещений и паркингов, а так-же служащую для восприятия вертикальных и опрокидывающих нагрузок от здания. Кроме того, устройство подземных этажей способствует повышению жесткости здания в основании, что может минимизировать осадки и крены сооружения. Глубина заложения подземной части может превышать 10 м, что требует применять комплексную технологию разработки грунта и устройства надежного ограждения котлованов.

При извлечении больших объемов грунта происходит изменение напряженно-деформируемого состояния основания, а неконтролируемые откачки грунтовых вод из котлована сопровождаются значительным водопонижением на прилегающих территориях, вызывающим суффозные явления, осадки грунта и конструкций прилегающих зданий.

В этих условиях ограждения котлованов должны обеспечивать водонепроницаемость и сохранность построек в пределах деформируемой зоны грунта на расстояниях удвоенной ширины здания, устойчивость от давления грунта и примыкающих зданий, динамических воздействий от перемещающейся строительной техники и транспорта.

Перечислим способы креплений котлованов применяемые в условиях слабых грунтов Санкт-Петербурга [3]:

- 1) разработка грунта с сохранением естественных откосов,
- 2) вибрационное погружение или вдавливание стального шпунта;
- 3) «стены в грунте»: касательные или секущиеся сваи с дополнительной гидроизоляцией контактных зон или без нее, траншейные стены в грунте.

Первый способ неэффективен при устройстве котлованов глубиной свыше 3 м в стесненных условиях из-за необходимости задействования дополнительных территорий для устройства откосов, а так же сложности обеспечения устойчивости откосов при производственных динамических воздействиях.

Для оценки эффективности применения способов креплений котлованов применялась упрощенная методика оценки технологичности по трем показателям. В расчете анализировались параметры устройства ограждений длиной 15 м для котлована глубиной 5 м, размерами в плане 60х30 м. Результаты расчетов приведены в табл. 7, на основании которых с учетом увеличения интегрального критерия технологичности расположим рассматриваемые варианты по возрастанию приоритетности: 5→4→6→3→2→1. Откуда следует практически важный вывод о рациональности вибрационного погружения стального шпунта с последующим его извлечением.

Таблица 7

Критерии технологичности вариантов устройства ограждений котлована

Наименование показателя	Технология устройства ограждения котлована						
	Погружение стального шпунта АУ20 с извлечением	Погружение стального шпунта АУ20 без извлечения	Касательные сваи с цементацией контактных зон	Секущиеся сваи под защитой обсадных труб	Сплошная бетонная стена в грунте	Секущиеся сваи под глинистым раствором	
	вариант 1	вариант 2	вариант 3	вариант 4	вариант 5	вариант 6	
Частные показатели							Лучшее значение
Продолжит. работ одной установкой, сут	23	23	68	75	90	113	<b>23</b>
Минимальная площадь участка, м <sup>2</sup>	66	66	75	95	120	40	<b>40</b>
Стоимость устройства ограждения, млн.руб	7,0	22,6	10,9	67,5	139,3	37,1	<b>7,0</b>
Обобщенные критерии							Коэф-т весомости
Продолжит. работ	1,00	1,00	0,34	0,31	0,26	0,20	<b>0,35</b>
Минимальная площадь участка	0,61	0,61	0,53	0,42	0,33	1,00	<b>0,15</b>
Стоимость работ	1,00	0,31	0,64	0,10	0,05	0,19	<b>0,50</b>
Интегральный критерий технологичности							
	<b>1,00</b>	<b>0,60</b>	<b>0,52</b>	<b>0,22</b>	<b>0,16</b>	<b>0,32</b>	

На основании изложенного можно сделать вывод об актуальности дальнейших исследований технологий устройства фундаментов

многоэтажных и высотных зданий, особенно в условиях плотной городской застройки и сложной геологии.

Необходимо для различных, конструктивных и инженерно-геологических условий строительства разработать методики выбора технологий устройства свайных фундаментов и ограждений котлованов, отвечающих требованиям надежности, качества и экономической эффективности.

Выбор рациональных технологий предлагается выполнять на основании расчета интегрального показателя технологичности включающего критерии условий производства, надежности и качества, а также технико-экономические критерии.

#### Литература

1. *Верстов, В.В.* Производство шпунтовых и свайных работ / В.В. Верстов, А.Н. Гайдо, Я.В. Иванов – СПб.: СПбГАСУ, 2011. – 292 с.
2. *Бадьин Г. М.* Игровое моделирование при подготовке строительного производства: учеб. пособие / Г. М. Бадьин, Э.-К.К. Завадскас, Ф.Ф. Пелдшус – Л.: ЛИСИ, 1989. – 41 с.
3. *Мангушев Р. А.* Расчетные параметры шпунтовых стен профиля Ларсен / А. Б. Фадеев, Р. А. Мангушев, Г. А. Матвеев, В. А. Лукин // Вестник гражданских инженеров. – 2010. – № 1 (22). – С. 91–95.