УДК 624.131.531

© А. Н. Гайдо, канд. техн. наук, доцент

© В. В. Верстов, д-р техн. наук, профессор

(Санкт-Петербургский государственный
архитектурно-строительный университет)

E-mail: gaidoan@mail.ru, sp@spbgasu.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2017-14-3-84-94

© A. N. Gaydo, PhD in Sci. Tech., Associate Professor

© V. V. Verstov, Dr. Sci. Tech., Professor

(Saint Petersburg State University of Architecture
and Civil Engineering)

E-mail: gaidoan@mail.ru, sp@spbgasu.ru

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРОИЗВОДСТВА СВАЙНЫХ РАБОТ В СТЕСНЕННЫХ УСЛОВИЯХ

DETERMINATION OF TECHNOLOGY PARAMETERS OF CARRYING OUT PILING WORKS IN THE CONSTRAINED URBAN ENVIRONMENT CONDITIONS

Изложена методика определения технологических параметров устройства свайных фундаментов в стесненных условиях городской застройки. Выполнен анализ нормативных документов, позволивший установить основные требования к их выбору. В таких условиях при производстве работ необходимо гарантировать безопасность окружающей застройки и обеспечивать высокие производственные показатели при наличии на строительной площадке различных препятствий. Обоснованы критерии, определяющие стесненность строительных площадок по показателям их внутренних и внешних условий. Представлены подходы к выбору комплектов механизации для различных технологий.

Ключевые слова: свайный фундамент, проект производства работ, стесненные условия.

The article examines some features of using modern technologies for arrangement of pile foundations within the constrained environment conditions of urban area with presence of non-uniform soft, water-saturated soils in geological cross sections. The article conclusion includes criteria allowing preliminary determination of different pile driving methods with application of different machinery complexes for specific work sites, as well as substantiation of cost of works. The values were obtained on the base of technical and economic indicators received after the analysis of the real construction experience.

Keywords: pile foundation, work production plan, constrained environment conditions.

В статье исследуются технологические параметры различных способов устройства свайных фундаментов в стесненных условиях городской застройки, осложненных наличием в геологических разрезах слоев неоднородных, слабых, водонасыщенных грунтов.

Для решения указанных задач в настоящее время применяют широкую номенклатуру конкурентных технологий с различными показателями эффективности, зависящими от конкретных инженерно-геологических условий, наличия близко расположенных зданий и т. п. Выбор их параметров следует выполнять с учетом Федерального закона Российской Федерации № 384-ФЗ «Технический регламент о безопас-

ности зданий и сооружений», которым установлено обязательное требование по обеспечению безопасности зданий и сооружений на стадиях изыскания, проектирования, строительства и эксплуатации. Это достигается посредством сохранения конструкций рядом расположенных зданий и сооружений, выполнения условий экологического характера (снижения уровней шума и динамических воздействий в грунте, загазованности воздуха, загрязнения территорий), достижения проектных параметров фундамента, минимальных сроков и стоимости работ.

Таким образом, в ходе разработки соответствующей технологической документации (ПОС, ППР, технологических карт и регламентов) при

выборе параметров способов следует решить две важные задачи — обеспечить безопасность для конструкций окружающей застройки и принять рациональные схемы работ комплекта механизации в пределах строительной площадки, характеризующейся различными ограничениями и препятствиями.

Первый вопрос достаточно изложен в соответствующей нормативной документации, ссылки на которую приведены в табл. 1.

Следует отметить, что ВСН 490–87 [1], а именно раздел 5 «Требования к ППР...», содержит наиболее полный перечень мероприятий, обеспечивающих безопасный уровень воздействий на застройку, с указанием их эффективности в различных инженерно-геологических условиях. Однако он включает всего 14 пунктов и не учитывает все задачи, с которыми сталкивается разработчик технологической документации.

В части современных нормативных документов, определяющих производство работ в стесненных условиях, необходимо выделить РД 11-06–2007 [3]. Однако положения этого документа в основном определяют работу преимущественно грузоподъемных машин.

Это позволяет сделать практически важный вывод о том, что методология, определения технологических параметров способов работ нулевого цикла требует доработки и совершенствования.

Анализ производственного опыта позволил сделать вывод, что все способы устройства свайных фундаментов и ограждений котлованов в различной степени оказывают влияние на состояние структуры массива грунта и тем самым могут приводить к деформациям конструкций ближайших зданий и сооружений [4–12]. В табл. 2 для этих способов представлены различные технологические факторы, которые могут приводить к указанным явлениям, а в табл. 3 изложены рекомендации по их предотвращению.

Данные табл. 2 позволяют заключить, что основными факторами, приводящими к деформациям конструкций при погружении (изготовлении) свайных элементов, являются подъем (просадки) поверхности грунта или динамические воздействия, распространяющиеся в его массиве. Эти явления на практике преимущественно устраняют лидерным рыхлением грунта, изменением технологических режимов, ограничением производительности (табл. 3). Забивные режимы меняют на вдавливание или буронабивные. Для буровых способов характерны явления просадки поверхности грунта, вызванные его извлечением в объемах, превышающих геометрические. В этих случаях скважины заполняют глинистым раствором для обеспечения устойчивости стенок, а в обсадных трубах исключают извлечение грунта из-под их торцов.

Таблица 1

Нормативные рекомендации, определяющие параметры способов производства работ нулевого цикла в стесненных условиях городской застройки

Наименование параметра	Нормативный документ	Примечание
Размер зоны влияния нового строительства	СП 22.13330.2011, п. 9.36	Определение размеров зон в зависимости от технологических параметров устройства ограждений котлованов
Размеры зон влияния динамических воздействий при производстве работ	СП 45.13330.2012, п. 12.1.2 СП 24.13330.2011, п. 7.6.5 ВСН 490–87 [1], раздел 2, 3	То же в зависимости от способа производства работ
Способы снижения уровня динамического воздействия, распространяющегося в грунте	СП 45.13330.2012, п. 12.1.2 СП 24.13330.2011, п. 7.6.6 [1], раздел 5, п. 5.3, 5.4, 5.7, 5.8, 5.11, 5.12 [2], п. 6.7–6.16	Преимущественно рекомендации по выполнению предварительного рыхления грунта, изменению параметров забивки или вибропогружения элементов и т. п. Указания по направлению движения машин и устройству разделительных стен
Проведение геотехнического мониторинга в ходе работ	СП 22.13330.2011, раздел 12 [1], п. 4.6–4.9 [2], раздел 8	—

Таблица 2

Технологические факторы, характерные для различных способов устройства свайных фундаментов

Способ производства работ	Технологические факторы	Оказываемое влияние на массив грунта и конструкции соседних зданий	Способы снижения воздействия этих факторов
Погружение свай заводского изготовления			
Забивка	Ударное воздействие свайного молота на оголовки свай	Распространение в грунте динамических воздействий. Подъем (выпор) грунта	Лидерное рыхление и создание экранов в грунте. Ограничение производительности. Настройка параметров режима работы молота. Изменение направления проходки машин. Смена технологии (для забивки). Снижение сопротивления погружения свай в прослоях плотных грунтов
Вибропогружение	То же, вибрационное воздействие продольных колебаний	То же, вибрационное воздействие в массиве грунта	
Вдавливание	Вертикальные статические усилия	Уплотнение или перемятие грунта. Выпор грунта из-под острия	
Буровые технологии (CFA, DDR, «келли-штанга»)			
Проходной шнек	Процесс резания породы и ее извлечения на поверхность шнеком	Возможное извлечение грунта сверх расчетного объема, приводящее к его просадкам и деформациям конструкций	Отказ от применения технологии в зонах, расположенных вблизи существующих конструкций
В обсадных трубах (диаметром свыше 600 мм)	Процесс резания породы торцами обсадных труб и ее извлечения на поверхность шнеком или желонкой	При несоблюдении технологии возможен выпор грунта в обсадную трубу, вызывающий просадки его поверхности	Строгое соблюдение технологии в части темпа извлечения грунта при ограничении производительности работ
Под глинистым раствором	Обеспечение устойчивости ствола скважины буровым раствором	—	То же
Набивные технологии (DDS, «Фундекс», «Атлас», «Омега»)			
Вытеснения	Воздействие вдавливающих и вращающих усилий при погружении буровых труб	Уплотнение или перемятие массива грунта. Подъем (выпор) грунта между сваями	Лидерное рыхление и создание экранов в грунте. Ограничение производительности. Изменение направления проходки буровых установок
С вдавливанием (закручиванием) буровых труб с теряемым башмаком	То же. Срез грунта по боковой поверхности башмака	То же	

На основании исследований современных способов устройства свайных фундаментов путем расчетов критерия технологичности авторами сделаны следующие практически важные выводы об их эффективности [4, 13]:

А. Значения расчетных нагрузок на элемент до 1300–1400 (1800) кН:

- виброударное погружение свай заводского изготовления;

- то же, вдавливание (в примыканиях к конструкциям с применением лидерного рыхления грунта);

- буровые технологии под глинистым раствором;
- набивные технологии вытеснения или с теряемым башмаком (с применением лидерного рыхления грунта).

Б. Значения расчетных нагрузок на элемент свыше 1400 (1800) кН:

Таблица 3

Технико-экономическая оценка мероприятий, направленных на обеспечение сохранности конструкций существующей застройки

Способ производства работ	Показатели эффективности реализации различных охранных мероприятий (относительное увеличение стоимости и продолжительности работ)		
	Замена технологических режимов	Изменение последовательности погружения свай	Лидерное рыхление грунта
Погружение свай заводского изготовления			
Забивка	1,2...3,0/2,0	— /1,5	2,0/1,5
Вдавливание	4,5/3,0...4,0	— /1,2...2,0	1,7/1,8
Устройство буровых свай			
Проходным шнеком	—	— /1,7...3,0	—
В обсадных трубах (диаметром свыше 600 мм)	—	— /1,7...3,0	—
Под глинистым раствором	—	— /1,7...3,0	—
Устройство набивных свай			
Вытеснения	1,5...1,9/1,5...4,0	— /1,5...2,0	1,5/1,5
С вдавливанием (закручиванием) буровых труб с теряемым башмаком	1,5...1,9/1,5...4,0	— /1,5...2,0	1,5/1,5
Устройство защитных экранов из стального шпунта			
Вибрационное погружение	Производительность — 15 т шпунта в смену		
То же, вдавливание	То же — 7...10		

- набивные технологии;
- буровые технологии при устройстве свай диаметром свыше 600 мм в обсадных трубах.

Кроме того, для этих способов следует обосновать схемы движения машин, размещение зон вспомогательного оборудования, временных складов с учетом наличия препятствий на конкретных строительных площадках. Эти вопросы в части организаций надземных циклов возведения зданий и сооружений с применением преимущественно грузоподъемных машин достаточно проработаны, но относительно работ нулевого цикла они требуют усовершенствования [14–18].

Для решения этой задачи в первую очередь следует обосновать основные критерии, характеризующие стесненные условия, с учетом нормативных рекомендаций. Так, в приложении № 1 к МДС 81-35.2004 [19] указано, что эти условия характеризуются наличием следующих факторов:

- интенсивное движение городского транспорта и пешеходов в непосредственной близости от места работ, обуславливающее необходимость строительства короткими захватками;
- разветвленная сеть существующих подземных коммуникаций, подлежащих подвеске или перекладке;
- жилые или производственные здания, а также сохраняемые зеленые насаждения в непосредственной близости от места работ;
- стесненные условия складирования минимального запаса материалов.

В [20] приводят следующее определение: «Стесненные условия... предполагают наличие пространственных препятствий на строительной площадке и прилегающей к ней территории, ограничение по размерам... рабочей зоны и подземного пространства, мест размещения строительных машин и проездов транспортных средств, повышенную степень строительного,

экологического, материального риска и соответственно усиленные меры безопасности для работающих на строительном производстве и проживающего населения».

С учетом изложенного авторы предлагают рассматривать эти условия как совокупность различных препятствий, существующих на строительной площадке и прилегающей к ней территории, ограничивающих реализацию различных технологических параметров способов. При этом следует различать следующие их виды по признакам таких ограничений и препятствий [14]:

I. Внешняя стесненность:

- ограничение габаритов рабочих и опасных зон строительных машин (крана, копра, буровой установки и т. п.);
- то же для проездов при завозе строительных машин, доставки длинномерных конструкций (сваи заводского изготовления, каркасов) и материалов;
- наличие в пределах рабочей или опасной зоны сохраняемых зданий или сооружений, инженерных коммуникаций, включая линии электропередач, зеленых насаждений и т. п.

II. Внутренняя стесненность:

- существующие препятствия для размещения зон складирования или вспомогательного оборудования, для перемещения машин, конструкций или материалов;
- совмещение в пределах одного участка работ по монтажу-демонтажу или усилению конструкций, разработке котлованов и т. п.;
- административные требования по ограничению уровней шума и режима работы.

Внутренняя стесненность определяется отношением фактической к требуемой площади строительной площадки, необходимой для обеспечения максимальной производительности процессов (с учетом размещения участков складирования, бытовых помещений, строительной техники, опасных зон, бетононасосов и т. п.).

Фактическая площадь строительной площадки F_{ϕ} , м², определяется следующей формулой:

$$F_{\phi} = F_0 - (F_{з.с} + F_{з.ис} + F_{к} + F_{оп.з}), \quad (1)$$

где F_0 — площадь участка, отведенного под строительство в пределах его ограждения; $F_{з.с}$, $F_{з.ис}$ — соответственно площади, занятые существующими зданиями или сооружениями (включая заглубленные объекты) и сохраняемыми зелеными

насаждениями; $F_{к}$ — площадь, занятая надземными и подземными коммуникациями с учетом их охранных зон; $F_{оп.з}$ — площади, находящиеся в опасных зонах, препятствующих производству работ в них, например зона в пределах эксплуатируемых наземных элементов метрополитена или ж/д полотна, и т. п.

Рассчитанное таким образом значение сравнивается с площадью, м², требуемой для рациональной организации строительного производства, значение которой определяется выражением

$$F_{тр} = F_{скл} + F_{б.г} + F_{м} + F_{оп.з}^м + F_{всп}, \quad (2)$$

где $F_{скл}$ — площадь, необходимая для складирования материалов и конструкций участка; $F_{б.г}$ — площадь для размещения бытового городка; $F_{м}$ — площадь для установки строительных машин; $F_{оп.з}^м$ — площади, учитывающие возникновение опасных зон при работе машин; $F_{всп}$ — площадь для размещения вспомогательных участков приготовления и очистки бурового раствора, сборки арматурных каркасов, складирования.

Кроме того, при разработке строительных генеральных планов необходимо учесть, что в пределах границ участка работ необходимо обеспечить монтаж строительных машин.

С учетом формул (1) и (2) коэффициент внутренней стесненности строительной площадки определяется отношением

$$K_1^{внутр} = F_{\phi} / F_{тр}. \quad (3)$$

Это значение изменяется в пределах от 0 до 1. При $K_1^{внутр} \rightarrow 0$ — особо стесненные условия, а при $K_1^{внутр} \geq 1$ — нормальные условия работ.

Если свайное поле примыкает непосредственно к существующим препятствиям, то часть элементов может находиться в пределах «мертвых зон» работ с размерами от 0,5 до 3,5 м, в которых из-за габаритов машин отсутствует возможность погрузить или изготовить сваи (рис. 1). Эти зоны следует оценивать значениями коэффициента, определяемого следующим образом:

$$K_2^{внутр} = (F_{\phi} - F_{\phi}^{м.з}) / F_{\phi}, \quad (4)$$

где F_{ϕ} , $F_{\phi}^{м.з}$ — соответственно площади фундамента в его пределах и находящаяся в «мертвых зонах» работ.

При значениях $K_2^{внутр} < 1,0$, если по конструктивным особенностям возводимого здания нет возможности изменить положение свай в плане в пределах этих зон, следует применить менее габаритные машины или выполнить их в проек-

Рис. 1. План-схема определения возможности погружения свай вблизи существующих зданий: 1 — стены существующих зданий; 2 — зоны свайного поля с отсутствием возможности погружения элементов; 3 — самоходная установка вдавливания (буровые машины и т. п.); 4 — самоходный стреловой кран; 5 — проектное положение свай; А, Б — габаритные размеры «мертвых зон»

ном положении посредством бурения скважин малогабаритными установками под защитой глинистого раствора с последующим их заполнением бетонной смесью.

Для оценки показателей внешней стесненности следует обосновывать возможность заезда на объект строительных машин. Технологические сложности возникают при их транспортировании через существующие арочные проезды, которые необходимо проверять на соответствие размерам автопоездов (рис. 2). Кроме того, расположение подъездных дорог должно обеспечивать необходимый радиус поворота. В этой связи коэффициент внеплощадочной стесненности определяется следующим отношением:

$$K_3^{\text{внешн}} = (F_{\text{трансп}} / F_{\text{проезд}}), \quad (5)$$

где $F_{\text{трансп}}$ — требуемая площадь транспортного

проезда в наружных габаритах для доставки машин с учетом сохранения запаса по 0,5 м с каждой стороны и по высоте автопоезда; $F_{\text{проезд}}$ — фактическая площадь проезда.

При $K_3^{\text{внешн}} > 1,0$ или когда непосредственно на строительной площадке нет возможности для организации монтажа машин необходимо рассматривать вариант, при котором таковой осуществляют вне строительной площадки, а машина своим ходом будет заезжать на площадку через такой проезд (рис. 2, б). Если такое невозможно, следует применять менее габаритные машины.

Кроме того, при расчете показателей календарного плана необходимо учитывать, что в стесненных условиях снижается производительность работ. На основании выполненных исследований авторами получены такие показатели

Рис. 2. Технологические схемы определения возможности завоза машин на объект через существующие арочные проезды: а, б — соответственно при провозе машин на трале и своим ходом в транспортном положении: 1 — автомобильный трал; 2 — буровая установка

Рис. 3. План-схемы к определению производительности работ по устройству фундаментов в примыкании к существующим зданиям и сооружениям: а, б, в — соответственно в примыкании по одной, двум и трем сторонам: А, Д, 1 — обозначение геодезических осей условного здания

Таблица 4

Показатели снижения производительности различных способов производства работ нулевого цикла в стесненных условиях

Способ или применяемый комплект механизации	Снижение производительности работ в зависимости от вида примыкания строительной площадки к существующим конструкциям, %		
	С одной стороны (рис. 3, а)	С двух сторон (рис. 3, б)	С трех сторон (в тупике) (рис. 3, в)
Погружение свай заводского изготовления			
При работе копра	27	50	58
Вдавливание свай установки на гусеничном ходу	25–27	40	50
То же, переставляемой краном	25	40	50
То же, на шагающем шасси	30	55	65
Устройство буронабивных свай			
При работе буровой установки с проходным шнеком	35	50–60	60–65
То же, при устройстве свай диаметром свыше 600 мм в обсадных трубах	35–37	68	70
То же, при устройстве набивных свай с теряемым башмаком или вытеснения	23–25	35–40	45–50
То же, при работе малогабаритных буровых установок, в том числе и при бурении скважин под глинистым раствором	18–20	25	30

при производстве работ на расстояниях от 1,5 до 5 м до существующих препятствий, значения которых с учетом рис. 3 приведены в табл. 4 [11, 14, 17].

Представленные рекомендации, основанные на расчетах показателей, характеризующих стесненность строительных площадок, позволяют определять рациональные технологические параметры реализации различных способов производства работ. При этом их значения следует принимать как на основании рекомендаций нормативных документов (см. табл. 1), так и с учетом проверки условий по формулам (1)–(5). Для этих целей в табл. 5 представлены значения различных технико-экономических показателей, определяющих сравнительную эффективность способов.

На основании анализа значений показателей, представленных в табл. 5, при разработке ПОС и ППР можно определять параметры различных способов погружения свай с применением раз-

личных комплектов механизации для конкретных строительных площадок, а также обосновывать стоимости выполнения работ.

Выводы

1. Представлены основные критерии выбора способов устройства свайных фундаментов в стесненных условиях городской застройки.

2. Установлены основные факторы, определяющие стесненность строительной площадки, которые необходимо учитывать при разработке ПОС и ППР.

3. Приводится методика выбора технологических параметров способов в зависимости от транспортных габаритов строительных машин, требуемых площадей для размещения комплекта механизации, площадок складирования, вспомогательного оборудования и т. п.

В заключение следует отметить, что устройство свайных фундаментов необходимо проводить в сопровождении геотехнического мониторинга, выполняемого с учетом требований

Таблица 5

Технико-экономические показатели, определяющие выбор различных способов производства работ по устройству свайных фундаментов в стесненных условиях

Наименование способа. Комплект механизации	Наименование показателей				
	Минимальная площадь участка, необходимая для производства работ, м ²	Плечо зоны примыкания к существующей конструкции, в которой невозможно погружение свай, м	Макс. несущая способность элемента по результатам испытаний грунтов*, кН	Стоимость погружения (изготовления) сваи длиной 28 м, тыс. руб.	Максимальная производительность работ, пог. м/см.
Погружение свай заводского изготовления					
Забивка	360	0,9	1400–1800	54,1	250
То же, с предварительным бурением лидерных скважин	380	То же	То же	—	200–230
Вдавливание	170–394	1,0–3,5	1200–1600	58,0–62,0	150
То же, с предварительным бурением лидерных скважин	190–410	То же	То же	–	100–140
Устройство буровых свай					
Проходным шнеком	340	0,9	2500–2800	79,6	250
В обсадных трубах (диаметром свыше 600 мм)	390–420	1,2–1,5	2000–2500	340,0	40
Под глинистым раствором	90	0,3–0,5	1800	113,2	40
Устройство набивных свай					
Вытеснения	322	0,9	2500–2800	77,2	200
С вдавливанием (закручиванием) буровых труб с теряемым башмаком	314	0,9	2500–2800	77,2	200
То же, с предварительным бурением лидерных скважин	340	0,9	2500–2800	—	180–190

* Приведены значения несущей способности свай в геологических разрезах с напластованиями слабых пород.

СП 22.13330.2011 «Основания зданий и сооружений». Разработчику ППР рекомендуем производить авторский надзор на строительных площадках, особенно на период работ в примыкании к конструкциям существующих зданий.

Изложенная методика используется в ООО «Строительный трест № 28» при разработке соответствующих проектов производства работ, а также при подготовке магистров и бакалавров по направлению «Строительство» всех форм обучения в ФГБОУ ВО «СПбГАСУ» на кафедре «Строительное производство». Представленные

технологические схемы изложены авторами в регламенте «Современные технологии погружения свай вдавливанием».

Библиографический список

1. ВСН 490–87 «Проектирование и устройство свайных фундаментов и шпунтовых ограждений в условиях реконструкции промышленных предприятий и городской застройки». М.: Минмонтажспецстрой СССР, 1988.

2. Рекомендации по проектированию и устройству оснований и фундаментов при возведении зданий

вблизи существующих в условиях плотной застройки в г. Москве. Правительство Москвы; Москомархитектура, 1992.

3. РД 11-06-2007. Методические рекомендации о порядке разработки проектов производства работ грузоподъемными машинами и технологических карт погрузочно-разгрузочных работ (утв. приказом Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 10.05.2007 № 317, введены в действие с 01.07.2007).

4. Верстов В. В., Гайдо А. Н., Иванов Я. В. Технология и комплексная механизация шпунтовых и свайных работ. СПб.: Лань, 2012. 288 с.

5. Мангушев Р. А., Конюшков В. В., Дьяконов И. П. Анализ практического применения закручиваемых набивных свай // Основания, фундаменты и механика грунтов. 2014. № 5. С. 11–16.

6. Улицкий В. М., Шашкин А. Г., Шашкин К. Г. Гид по геотехнике (путеводитель по основаниям, фундаментам и подземным сооружениям). СПб.: ПИ «Гео-реконструкция», 2010. 208 с.

7. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общ. ред. В. А. Ильичева и Р. А. Мангушева. М.: АСВ, 2016. 1040 с.

8. Парамонов В. Н. Факторы риска при устройстве подземных сооружений в сложных инженерно-геологических условиях // Жилищное строительство. 2009. № 2. С. 35–37.

9. Пономарев А. Б., Колошина С. В. Наиболее значимые факторы строительства при возведении зданий в стесненных условиях // Известия Орловского государственного технического университета. Сер. Строительство и транспорт. 2007. № 1–13. С. 7–10.

10. Сахаров И. И., Лыкова Н. И. Расчет подземных сооружений, возводимых в условиях тесной городской застройки // Жилищное строительство. 2009. № 2. С. 19–21.

11. Сотников С. Н., Симагин В. Г., Вершинин В. П. Проектирование и возведение фундаментов вблизи существующих зданий и сооружений (опыт строительства в условиях Северо-Запада СССР) / под ред. С. Н. Сотникова. М.: Стройиздат, 1986. 96 с.

12. Никифорова Н. С., Коннов А. В. Прогноз осадки зданий с защитными мероприятиями в зоне влияния подземного строительства // Вестник гражданских инженеров. 2016. № 2 (55). С. 94–100.

13. Гайдо А. Н. Цели и задачи исследований технологических решений устройства фундаментов многоэтажных зданий и сооружений // Вестник гражданских инженеров. 2011. № 4 (29). С. 81–90.

14. Курочкин А. И. Методика определения оптимального варианта механизации строительно-монтажных работ при реконструкции объектов // Промышленное и гражданское строительство. 1997. № 2. С. 40–42.

15. Горячев О. М., Бунькин И. Ф. Организационно-технические основы возведения жилых зданий в стесненных условиях // Механизация строительства. 2004. № 1. С. 6–7.

16. Седов Д. В. Факторы стесненности в условиях плотной городской застройки // Вестник МГСУ. 2010. № 4. С. 171–174.

17. Колчеданцев Л. М., Дроздов А. Д., Ряполова Г. В., Цыганкова М. А. Практический опыт разработки проекта производства работ по строительству удерживающих сооружений в Сочи // Жилищное строительство. 2016. № 1–2. С. 41–46.

18. Резниченко В. В., Демидов В. П., Демидов Г. В. Повышение достоверности оценки коэффициента мощности при выполнении строительных работ // Вестник гражданских инженеров. 2015. № 3 (50). С. 148–151.

19. МДС 81-35.2004 «Методика определения стоимости строительной продукции на территории Российской Федерации» (с изм. от 20.03.2006). М.: Госстрой, 2004.

20. Постановление Правительства Москвы № 603-ПП от 08.08.2000 «Об утверждении Правил производства земляных и строительных работ, прокладки и переустройства инженерных сетей и коммуникаций в г. Москве».

References

1. VSN 490–87 «*Proektirovanie i ustroystvo svaynykh fundamentov i shpuntovykh ograzhdeniy v usloviyakh rekonstruktsii promyshlennykh predpriyatiy i gorodskoy zastroyki*» [VSN 490–87 "Design and arrangement of the piled foundations and sheet pile screens in the conditions of reconstruction of industrial enterprises and urban development"]. Moscow, Minmontazhspestry SSSR Publ., 1988.

2. *Rekomendatsii po proektirovaniyu i ustroystvu osnovaniy i fundamentov pri vozvedenii zdaniy vblizi sushchestvuyushchikh v usloviyakh plotnoy zastroyki v g. Moskve* [Recommendations about design and arrangement of bases and foundations at construction of buildings near the existing ones in conditions of dense building development in Moscow]. The Government of Moscow; Moscow City Architecture Committee, 1992.

3. RD 11-06-2007 «*Metodicheskie rekomendatsii o poryadke razrabotki projektov proizvodstva rabot gruzopod'emnymi mashinami i tekhnologicheskikh kart pogruzochno-razgruzochnykh rabot*» (utv. prikazom Federal'noy sluzhby po ehkologicheskomu, tekhnologicheskemu i atomnomu nadzoru ot 10.05.2007 no. 317, vvedeny v deystvie s 01.07.2007) [RD 11-06-2007 "Methodical recommendations of the order of project development of works with load-lifting machines and flow charts of loading and unloading works" (Enforced by the Order of the Federal Service for Environmental, Technological and Nuclear Supervision 10.05.2007 no. 317, put into operation 1.07.2007)].

4. Verstov V. V., Gaydo A. N., Ivanov Ya. V. *Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya shpuntovykh i svaynykh rabot* [Technology and complex mechanization of sheet piling and piling works]. St. Petersburg, Lan Publ., 2012, 288 p.
5. Mangushev R. A., Konyushkov V. V., D'yakonov I. P. *Analiz prakticheskogo primeneniya zavinchivaemykh nabivnykh svay* [Analysis of practical application of the screwed-up stuffed piles]. *Osnovaniya, fundamenty i mekhanika gruntov – Bases, foundations, and mechanics of soil*, 2014, no. 5, pp. 11–16.
6. Ulitskiy V. M., Shashkin A. G., Shashkin K. G. *Gid po geotekhnike (putevoditel' po osnovaniyam, fundamentam i podzemnym sooruzheniyam)* [Guidance book on geotechnics (bases, foundations, and underground structures)]. St. Petersburg, Geo-Reconstruction Institute Publ., 2010, 208 p.
7. *Spravochnik geotekhnika. Osnovaniya, fundamenty i podzemnye sooruzheniya* [Reference book of geotechnician. Bases, foundations, and underground structures]. Ed. by Il'ichev V. A., Mangushev R. A. Moscow, ASV Publ., 2016, 1040 p.
8. Paramonov V. N. *Faktory riska pri ustroystve podzemnykh sooruzheniy v slozhnykh inzhenerno-geologicheskikh usloviyakh* [Risk factors at arrangement of underground structures in complicated engineering-geological conditions]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo – Housing construction*, 2009, no. 2, pp. 35–37.
9. Ponomarev A. B., Koloshina S. V. *Naibolee znachimye faktory stroitel'stva pri vozvedenii zdaniy v stesennykh usloviyakh* [The most significant factors at construction of buildings in the constrained conditions]. *Izvestiya Orlovskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser. Stroitel'stvo i transport – News of the Oryol state technical university. Ser. Construction and transport*, 2007, no. 1–13, pp. 7–10.
10. Sakharov I. I., Lykova N. I. *Raschet podzemnykh sooruzheniy, vozvodimyykh v usloviyakh tesnoy gorodskoy zastroyki* [Calculation of the underground structures built in the conditions of dense urban development]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo – Housing construction*, 2009, no. 2, pp. 19–21.
11. Sotnikov S. N., Simagin V. G., Vershinin V. P. *Proektirovaniye i vozvedeniye fundamentov vblizi sushchestvuyushchikh zdaniy i sooruzheniy (opyt stroitel'stva v usloviyakh Severo-Zapada SSSR)* [Design and construction of foundations near existing buildings and structures (experience of construction in the conditions of the Northwest of the USSR)]. Ed. by Sotnikov S. N. Moscow, Stroyizdat Publ., 1986, 96 p.
12. Nikiforova N. S., Konnov A. V. *Prognoz osadki zdaniy s zashchitnymi meropriyatiyami v zone vliyaniya podzemnogo stroitel'stva* [Forecasting the building settlement with protective measures in the zone of the underground construction influence]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2016, no. 2 (55), pp. 94–100.
13. Gaydo A. N. *Tseli i zadachi issledovaniy tekhnologicheskikh resheniy ustroystva fundamentov mnogoehtazhnykh zdaniy i sooruzheniy* [The purposes and tasks of investigating the technological solutions in regard of the arrangement of multi-story buildings and structures' foundations]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2011, no. 4 (29), pp. 81–90.
14. Kurochkin A. I. *Metodika opredeleniya optimal'nogo varianta mekhanizatsii stroitel'no-montazhnykh rabot pri rekonstruktsii ob'ektov* [A technique of determining the optimal variant of mechanization of installation and construction works at reconstruction of objects]. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo – Industrial and civil engineering*, 1997, no. 2, pp. 40–42.
15. Goryachev O. M., Bun'kin I. F. *Organizatsionno-tekhnicheskie osnovy vozvedeniya zhilykh zdaniy v stesennykh usloviyakh* [Organizational and technical basics of construction of residential buildings in the constrained conditions]. *Mekhanizatsiya stroitel'stva – Construction mechanization*, 2004, no. 1, pp. 6–7.
16. Sedov D. V. *Faktory stesennosti v usloviyakh plotnoy gorodskoy zastroyki* [Constraint factors in the conditions of dense urban development]. *Vestnik MGSU – MGSU Bulletin*, 2010, no. 4, pp. 171–174.
17. Kolchedantsev L. M., Drozdov A. D., Ryapolova G. V., Tsygankova M. A. *Prakticheskiy opyt razrabotki projekta proizvodstva rabot po stroitel'stvu uderzhivayushchikh sooruzheniy v Sochi* [Practical experience of development of the project of works on construction of the restraining structures in Sochi]. *Zhilishchnoe stroitel'stvo – Housing construction*, 2016, no. 1–2, pp. 41–46.
18. Reznichenko V. V., Demidov V. P., Demidov G. V. *Povysheniye dostovernosti otsenki koefitsienta moshchnosti pri vypolnenii stroitel'nykh rabot* [Increasing of the assessment reliability of power factor when performing construction works]. *Vestnik grazhdanskikh inzhenerov – Bulletin of Civil Engineers*, 2015, no. 3 (50), pp. 148–151.
19. MDS 81-35.2004 «Metodika opredeleniya stoimosti stroitel'noy produktsii na territorii Rossiyskoy Federatsii» (s izm. ot 20.03.2006) [MDS 81-35.2004 "Technique of determination of construction production cost in the territory of the Russian Federation" (with amendment from 20.03.2006)]. Moscow, Gosstroy Publ., 2004.
20. *Postanovleniye Pravitel'stva Moskvy № 603-PP ot 08.08.2000 «Ob utverzhdenii Pravil proizvodstva zemlyan-ykh i stroitel'nykh rabot, prokladki i pereustroystva inzhenernykh setey i kommunikatsiy v g. Moskve»* [The Resolution of the Government of Moscow no. 603-PP from 08.08.2000 "About the approval of Rules of production of earth and construction works, laying and reorganization of engineering networks and communications in Moscow"]].