Гайдо Антон Николаевич. Методология выбора эффективных способов производства специальных работ в грунтах по критерию технологичности;[Место защиты: ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»], 2021

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ

УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ

АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

На правах рукописи

Г АИДО Антон Николаевич

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ

ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНЫХ РАБОТ В ГРУНТАХ ПО

КРИТЕРИЮ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

05.23.08 - Технология и организация строительства

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание ученой степени

доктора технических наук

Научный консультант д.т.н., профессор Верстов Владимир Владимирович

Санкт-Петербург - 2021

ВВЕДЕНИЕ 5

Глава 1. ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНЫХ РАБОТ В ГРУНТАХ 16

1.1. Научно-методические подходы к выбору эффективных способов

устройства свайных фундаментов в различных инженерно-геологических условиях 16

1.2. Исследование эффективных областей применения способов устройства

ограждений котлованов 32

1.3. Анализ тенденций в области разработки методологий выбора

эффективных способов производства специальных работ в грунтах 40

1.4. Исследование областей применения современных методологий выбора

способов осуществления технологических решений 44

1.5. Обоснование целесообразности и эффективности применения критерия

технологичности для определения областей реализации способов производства спецработ в грунтах 58

1.6. Выводы по первой главе 67

Глава 2. МЕТОДОЛОГИЯ РАСЧЕТА КРИТЕРИЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

ДЛЯ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНЫХ РАБОТ В ГРУНТАХ 69

2.1. Разработка принципиальных основ теории расчета критерия

технологичности 69

2.2. Обоснование структуры показателей в составе обобщенного критерия

производственной группы 80

2.3. Исследование структуры показателей в составе обобщенного критерия

технико-экономической группы 91

2.4. Разработка методики определения показателей надежности и качества

выполнения работ 99

2.5. Математическая модель расчета критерия технологичности

и ее реализация в программном комплексе 118

2.6. Выводы по второй главе 125

Глава 3. ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ УСТРОЙСТВА

СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ 127

3.1. Выбор направлений совершенствования способов устройства свайных

фундаментов 127

3.2. Обоснование областей применения способов производства работ

на основании значений критерия технологичности 134

3.3. Совершенствование технологических режимов при сопротивлении

грунтов, превышающем погружающую способность технических средств 146

3.4. Разработка методики выбора способов для условий напластования

слабых грунтов и стесненной застройки 163

3.5. Выводы по третьей главе 172

Глава 4. ВЫБОР ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ УСТРОЙСТВА ОГРАЖДЕНИЙ КОТЛОВАНОВ 175

4.1. Исследование областей применения различных способов устройства

ограждений котлованов и их креплений на основании значений критерия технологичности 175

4.2. Совершенствование способов устройства ограждений котлованов

в условиях городской застройки при необходимости заглубления шпунта в слои плотного грунта 191

4.3. Обоснование параметров устройства водогрунтонепроницаемых

перемычек на акватории с учетом критерия технологичности 200

4.4. Разработка способа устройства подземных сооружений в условиях городской застройки на основе анализа структуры критерия

технологичности 211

4.5. Выводы по четвертой главе 224

Глава 5. ВЫБОР СПОСОБОВ УСТРОЙСТВА СИСТЕМ ЗАЩИТЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ОТ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ВОЗМУЩЕНИЯ РАЗЛИЧНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ,

РАСПРОСТРАНЯЮЩЕГОСЯ В ГРУНТЕ 227

5.1. Анализ значений критерия технологичности для способов устройства

различных систем защиты зданий и сооружений 227

5.2. Исследование областей применения различных способов устройства

систем защиты 233

5.3. Определение параметров способов устройства систем защиты,

оснащенных гидравлическими демпферами 246

5.4. Исследование гидродинамических процессов, происходящих в полостях

демпферных устройств 254

5.5. Выводы по пятой главе 264

Глава 6. АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗРАБОТАННОЙ МЕТОДОЛОГИИ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ СПОСОБОВ ПРОИЗВОДСТВА СПЕЦИАЛЬНЫХ РАБОТ В ГРУНТАХ 266

6.1. Сравнительная эффективность способов производства специальных работ

в грунтах на основании анализа значений критериев технологичности 266

6.2. Практическая апробация разработанной методологии 271

6.3. Оценка экономической эффективности результатов исследований 282

6.4. Выводы по шестой главе 295

ЗАКЛЮЧЕНИЕ 296

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 303

ПРИЛОЖЕНИЯ 323

Приложение А. Патенты, подтверждающие практическую значимость

исследований 324

Приложение Б. Нормативно-технические документы, разработанные автором

на основании методики расчета критерия технологичности 332

Приложение В. Акты внедрения 335

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

Научная новизна исследований, представленных в диссертации, заключает­ся в создании методологии выбора эффективных способов производства специ­альных работ в грунтах, а также обосновании областей их применения в различ­ных инженерно-геологических условиях. Выбор следует производить на основе анализа значений критерия технологичности как комплексной количественной характеристики различных свойств таких способов. Разработаны методические положения, позволяющие с помощью данного критерия учитывать разнородные технологические параметры современных способов (таких как устройство свай­ных фундаментов и ограждений котлованов, возведение перемычек на акватори­ях, обеспечение заглубленных систем защиты от негативного влияния динамиче­ских воздействий, а также погружение опускных колодцев).

В ходе выполненных теоретических и экспериментальных исследований были получены следующие научные результаты.

1. Выявлены технологические параметры, характерные для современных способов устройства свайных фундаментов и ограждений котлованов, возведения перемычек на акваториях, заглубленных систем защиты от негативного влияния динамических воздействий, а также погружения опускных колодцев. Установле­но, что такие параметры в разной степени проявляются в конкретных условиях строительной площадки. Необоснованный выбор технологических режимов чре­ват появлением различных дефектов в виде снижения несущей способности свай, потери устойчивости элементов ограждения и аварийных ситуаций, приводящих к развитию деформаций конструкций соседних зданий и сооружений.
2. Проанализированы современная нормативно-техническая и методологи­ческая база, а также научные труды в области обоснования выбора технологиче­ских параметров. При этом было установлено, что единого подхода для выбора способов специальных работ в грунтах не существует. Показано, что для указан­ных целей необходимо выполнять расчет и анализ значений интегрального крите­рия технологичности как комплексной количественной характеристики разнород­ных качеств подобных способов. Таким образом, в единой оценочной шкале

определяют сравнительную эффективность их применения в различных инженер­но-геологических условиях строительных площадок, включая стесненность го­родских территорий.

1. Установлена структура критерия технологичности как совокупность обобщенных групп разнородных показателей, основанная на методологических принципах квалиметрии. Посредством экспертных оценок получены значения их коэффициентов весомости показателей в зависимости от условий строительства.
2. В целях учета показателей надежности и качества работ в составе инте­грального критерия технологичности была разработана методика их количествен­ного анализа посредством генеральных определительных таблиц. На ее основании нами был получен алгоритм количественной оценки качественных показателей способов производства специальных работ в грунтах для различных условий их реализации.
3. На базе выполненных исследований была разработана и формализована математическая модель выбора параметров эффективных способов производства работ. При этом поставленная задача была решена путем анализа изменчивости системы с учетом целевой функции - критерия технологичности. Эти положения реализованы в алгоритме, на основании которого разработан программный ком­плекс по расчету критерия технологичности для различных инженерно­геологических условий строительства (см. Свидетельство о регистрации № 2015660159 от 14.12.2015). Результаты его практического применения пред­ставлены в разработанных нормативно-технических документах.
4. На основе анализа построенных зависимостей изменения критериев тех­нологичности обоснованы области применения современных способов устройства свайных фундаментов в зависимости от удаления участка строительства относи­тельно окружающей застройки. В результате были получены ранжированные ря­ды эффективности применения этих способов в условиях строительства в непо­средственной близости от существующих зданий и сооружений:

> буровая технология с промывкой ствола скважин глинистым рас­твором (Ji = 0,88);

* вдавливание свай заводского изготовления в предварительно про­буренные скважины (Ji = 0,85);
* набивные технологии без извлечения грунта с теряемым башма­ком, а также сваи вытеснения, погружаемые в предварительно разрыхлен­ный грунт (Ji = 0,80);
* вдавливание свай заводского изготовления в целик (Ji = 0,75);
* набивные технологии без извлечения грунта с теряемым башма­ком, а также сваи вытеснения (Ji = 0,71);
* буровая технология с образованием скважины двойным вращени­ем элементов (Ji = 0,61);
* то же, проходными шнеками (Ji = 0,45);
* то же, в обсадных трубах (диаметр свыше 600 мм) с удалением грунта буровым инструментом (Ji = 0,35).

1. Посредством анализа значений критериев технологичности были обосно­ваны рациональные области применения способов устройства свайных элементов в геологических разрезах с преобладающими напластованиями слабых водона­сыщенных грунтов. Как следствие, была обоснована эффективность использова­ния следующих способов: с погружением элементов заводского изготовления (Ji = 0,82-0,88); изготовление набивных элементов с бетонированием их стволов посредством жестких бетонных смесей (Ji = 0,70-0,75). В таких условиях изготов­ление свай буровым способов с извлечением грунта на поверхность менее эффек­тивно (Ji = 0,4-0,52); при этом наиболее рационален режим устройства свай под защитой глинистого раствора (Ji = 0,68). Получены закономерности изменения по­казателей обеспечения сплошности ствола свай в зависимости от технологии обеспечения устойчивости стенок скважины и режимов извлечения грунта на по­верхность.
2. С учетом такого подхода были обоснованы граничные условия примене­ния указанных способов для следующих факторов:

* в зависимости от расчетных нагрузок, передаваемых на элемент: при их значениях свыше 2000 кН эффективны способы изготовления набивных свай (Ji = 0,98), буровых свай проходными шнеками (Ji = 0,97) и в обсадных трубах большего диаметра (Ji = 0,50);
* в зависимости от размеров погружаемых свай: при их длине свыше 28-30 м эффективны способы погружения готовых свай (Ji = 0,8-0,95), из­готовление набивных сваи типа фундекс (Ji = 1,0); то же в обсадных трубах (Ji = 0,3-0,7), а также траншейных свай, эффективность применения кото­рых проявляется при длине свыше 40 м (Ji = 0,60-0,70).

1. На основе анализа представленных значений обозначено направление со­вершенствования для условий, при которых сопротивление грунтов превышает погружающую способность технических средств. Для этих случаев рациональны­ми представляются следующие технологические приемы:

* вдавливание в режиме периодического извлечения свай или обсад­ных труб из грунта, при котором достигают проскальзывания элемента от­носительно околосвайного грунта и исключают его «налипание» к боковым граням;
* увеличение усилия вдавливания в слоях плотных грунтов до зна­чения, равного несущей способности элемента в интервале погружения, а также уменьшение скорости вдавливания v до минимального значения со­гласно выражению v = n (Рвд - Fd) / Fd, где n = 0,4-0,9 - опытный коэффициент;
* придание элементу вращательных колебаний, обеспечивающих его целостность при обоснованных вибрационных параметрах (частота колеба­ний - 600 кол./мин, амплитуда - 12-20 мм).