

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки: 01.03.02 “Прикладная математика и информатика”

Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
Разработка алгоритмов расчета несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках

УДК 004.021:624.154.046.2:624.042

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Батысов Евгений Станиславович		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Шевелёв Геннадий Ефимович	к.т.н., доцент		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Тухватулина Лилия Равильевна	к.ф.н., доцент		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень	Подпись	Дата
Ассистент кафедры ЭБЖ	Мезенцева Ирина Леонидовна			

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Руководитель ООП	Шевелёв Геннадий Ефимович	к.ф.-м.н., доцент		

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Направление ООП: 01.03.02 Прикладная математика и информатика

Профиль: Компьютерное моделирование

Школа: Информационных технологий и робототехники, отделение информационных технологий

Результат обучения	
Профессиональные компетенции	
Р 1	Применять <i>глубокие математические</i> и <i>профессиональные знания</i> для решения задач научно-исследовательской, проектной, производственной и технологической деятельности в области системного и прикладного программирования.
Р 2	Умение использовать знания по естественнонаучным дисциплинам при определении задач математического моделирования объектов и явлений в различных предметных областях
Р 3	Демонстрировать понимание сущности и значения информации в развитии современного общества, владение основными методами, способами и средствами получения, хранения, переработки информации; использование для решения коммуникативных задач современных технических средств и информационных технологий.
Р 4	Выполнять <i>инновационные</i> проекты с применением <i>глубоких профессиональных</i> знаний и <i>эффективных</i> методов проектирования для достижения новых результатов, обеспечивающих <i>конкурентные преимущества</i> в условиях экономических, экологических, социальных и других ограничений.
Р 5	<i>Демонстрировать знание</i> о формах организации образовательной и научной деятельности в высших учебных заведениях, <i>иметь навыки</i> преподавательской работы.
Р 6	Способность осуществлять организационно-управленческую и социально-ориентированную деятельность с соблюдением профессиональной этики
Универсальные компетенции	
Р 7	<i>Активно владеть иностранным языком</i> на уровне, позволяющем работать в интернациональной среде, включая разработку документации и представление результатов инновационной деятельности. <i>Толерантность</i> в восприятии социальных и культурных различий.
Р 8	Эффективно работать индивидуально, в качестве <i>члена и руководителя группы</i> , состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность <i>следовать корпоративной культуре</i> организации
Р 9	<i>Самостоятельно учиться</i> и непрерывно <i>повышать квалификацию</i> в течение всего периода профессиональной деятельности. Способность к интеллектуальному, культурному, нравственному и профессиональному саморазвитию.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа информационных технологий и робототехники

Направление подготовки: Прикладная математика и информатика

Отделение школы (НОЦ) информационных технологий

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

(Подпись)

(Дата)

(Ф.И.О)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме: бакалаврской выпускной квалификационной работы

Студенту:

Группа	ФИО
8Б51	Батясову Евгению Станиславовичу

Тема работы:

Разработка алгоритмов расчета несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках

Утверждена приказом

Дата: 09.04.2019 № 2766/С

Срок сдачи студентом выполненной работы:

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе

(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).

Объектом исследования является основание свайных фундаментов в конструкциях нефтегазовой промышленности.

Исходными данными являются: данные с местоположения строительных площадок нефтегазовых промышленных предприятий (характеристики свай; свойства грунта; положение опоры в грунте и др.)

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Разработка алгоритмов расчета несущей способности свай для автоматизированной системы; • построение математической модели, реализующей алгоритмы; • проверка алгоритмов на реальных данных • финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение; • социальная ответственность
Перечень графического материала <i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Схема нагрузок на сваю; • пример реализации алгоритмов на языке программирования C sharp.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Тухватулина Лилия Равильевна
Социальная ответственность	Мезенцева Ирина Леонидовна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	
---	--

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОИТ ИШИТР	Шевелёв Геннадий Ефимович	к.т.н., доцент		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Батясов Евгений Станиславович		

Реферат

Выпускная квалификационная работа содержит 69 страниц, 7 рисунков, 25 таблиц, 25 источников литературы, 1 приложение

Ключевые слова: свай, несущая способность свай, алгоритмы расчёта свай, свайные фундаменты, .NET технологии, язык программирования C Sharp.

Объектом исследования является основание свайных фундаментов в конструкциях нефтегазовой промышленности.

Целью выпускной квалификационной работы является разработка алгоритмов расчёта несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках.

В процессе выполнения ВКР производился анализ предметной области, поиск аналогов, изучалась нормативная документация, которая строго регламентирует как проектирование свайных фундаментов, так и особенности его обустройства на участке с тем или иным рельефом. Также разрабатывались математические модели для проверки работоспособности алгоритмов.

В результате выполнения работы были разработаны алгоритмы расчёта несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках для применения в автоматизированной системе.

Область применения: строительство зданий и сооружений нефтегазовой промышленности.

Экономическая значимость работы: применение этих алгоритмов позволит сэкономить время при конструировании и строительстве свайных фундаментов, а также минимизировать возможность совершения ошибки в расчёте.

В будущем планируется разработка автоматизированной системы с применением данных алгоритмов.

Перечень сокращений в алфавитном порядке

ГОСТ - главный орган сертификационных технологий

ЛЭП - линия электропередачи

СНиП - строительные нормы и правила

СП - свод правил

Термины и определения

Главный орган сертификационных технологий (ГОСТ) - региональный стандарт, принятый Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации Содружества Независимых Государств.

Фундамент — это часть здания или сооружения, находящаяся ниже поверхности земли и имеющая своим назначением передачу давления (нагрузки) от частей этого здания или сооружения на грунты основания.

Основание - это массив грунта, воспринимающий на себя все давление (нагрузку), передаваемое на него через фундамент здания или сооружения, и испытывающий вследствие этого дополнительные напряжения и деформации.

Свая - это балка, бревно, забитое в грунт для опоры при различных постройках и сооружениях.

Несущая способность свай - это способность строительной конструкции уравнивать нагрузку от веса строения и сопротивление грунта.

Вибропресс - вибрационный пресс, агрегат, сочетающий функции прессования и функции вибрации, достигаемой путём нелинейного изменения давления на рабочем органе. Используются при уплотнении бетона, в процессах штамповки.

Ростверк - верхняя часть свайного или столбчатого фундамента, распределяющая нагрузку от несущих элементов здания (сооружения).

Суглинок - почва с преимущественным содержанием глины и значительным количеством песка.

Содержание

Введение	9
1 Исследование предметной области	10
1.1. Классификация и основные характеристики свай	10
1.1.1. Разделение забивных свай по типам	10
1.1.2. Разделение свай в зависимости от условий работы	10
1.1.3. Разделение свай в зависимости от заглубления.....	10
1.1.4. Характеристики свай	10
1.1.5. Эксплуатация свай в зависимости от области применения.....	11
1.2. Несущая способность свай	12
1.2.1. Методы расчета несущей способности свай	12
1.2.2. Теоретический метод	13
1.3. Типы грунтов	13
2 Алгоритмы расчёта несущих способностей свай	14
2.1. Несущая способность свай при горизонтальных нагрузках.....	14
2.1.1. Определение коэффициента деформации	15
2.1.2. Определение горизонтального перемещения головы сваи и угла её поворота	16
2.1.3. Расчёт устойчивости основания	18
2.1.4. Расчёт несущей способности сваи.....	20
2.1.5. Проверка алгоритма на реальных данных	22
2.2. Несущая способность сваи при вертикальных нагрузках.....	26
2.2.1. Классификация математической модели.....	28
3 Программная часть реализации алгоритмом.....	29
3.1. Результат работы	31
4 Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение....	33
4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения.....	33
4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования	33
4.2. План работ по научно-исследовательскому проекту	34
4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования	34
4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ	36
4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования	37

4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)	41
4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ	42
4.3.2. Амортизационные отчисления	43
4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы.....	44
4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	45
4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)	46
4.3.6. Накладные расходы.....	46
4.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта	47
4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	47
5 Социальная ответственность.....	51
Введение.....	51
5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	52
5.2. Производственная безопасность.....	53
5.3. Анализ опасных и вредных производственных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения	54
5.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя	58
5.5. Экологическая безопасность.....	60
5.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	62
Вывод по разделу «Социальная ответственность»	63
Заключение.....	65
Список использованных источников	66
Приложение А.....	68

Введение

Важнейшими элементами зданий и сооружений являются основания и фундаменты. Среди общего объема строительства на эти компоненты приходится большая доля стоимости и трудоемкости работ. Статистика показывает, что большинство несчастных случаев и аварий сооружений было вызвано разрушением оснований и фундаментов.

Плохое углубление в изучение инженерно-геологических условий на строительной площадке и некачественное устройство фундаментов часто являются причиной возникновения непредвиденных деформаций, которые могут привести к повреждению или полному разрушению возведенных сооружений.

Для повышения устойчивости фундамента применяются такие компоненты, как сваи, которые вертикально вбиваются в землю для передачи нагрузок от строящегося здания нижележащим слоям грунта.

Сваи являются неотъемлемой частью строительной конструкции. Благодаря им фундамент здания в значительной степени защищен от повреждений и дальнейшего разрушения. В большинстве случаев сваи должны использоваться на неустойчивых основаниях. К таким относятся пески, болота и т.д. Кроме того, свая может использоваться в местах, где в почве слишком много воды и глины.

Одним из основных показателей при выборе модели сваи является её несущая способность. Прежде чем выбрать тип и размер сваи, разработчик должен изучить информацию об основании почвы и нагрузке от возводимого здания. Сочетание этих компонентов данных дают возможность определить несущую способность сваи.

Целью настоящей работы является разработка алгоритмов расчёта несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках. Данные алгоритмы позволяют производить расчёты для свай с круглыми и прямоугольными сечениями, определять несущую способность грунтов,

имеющих большой показатель текучести, которые преобладают в районах Среднего Приобья.

1. Исследование предметной области

1.1. Классификация и основные характеристики свай

1.1.1. Разделение забивных свай по типам

- 1) Квадратные сечения без армированного ствола (СЦ);
- 2) круглые сечения, диаметр которых составляет 0.4 – 0.8 м (СК);
- 3) квадратные сечения, применяемые по краям сооружений (1СД);
- 4) квадратные сечения, применяемые по середине сооружения (2СД);
- 5) квадратные сечения с поперечными усилениями ствола (С);
- 6) круглые сечения с диаметром 1 - 3 м (СО) [1].

1.1.2. Разделение свай в зависимости от условий работы

Сваи, по условиям работы, разделяются по следующим видам:

- а) Висячие: сваи, передающие нагрузку на сжимаемые грунты всеми поверхностями;
- б) сваи-стойки: сваи, опирающиеся на скальные и малосжимаемые грунты [1].

1.1.3. Разделение свай в зависимости от заглубления

По погружению в грунт сваи классифицируются следующим способом:

- 1) Железобетонные и деревянные, погруженные в грунт молотом и вибропрессом;
- 2) винтовые;
- 3) железобетонные сваи, углублённые вибропрессом с выемкой грунта;
- 4) бетонные, укладываемые в грунт с использованием бетонной смеси [1];

1.1.4. Характеристики свай

Проверка требований ГОСТ для свай включает следующие условия:

- 1) по водонепроницаемости бетона;
- 2) по значениям прочности бетона;
- 3) по предохранению воздействия коррозии.
- 4) по устойчивости к морозам.

Также сваи должны выдерживать все контрольные испытания [3].

1.1.5. Эксплуатация свай в зависимости от области применения

Классификация свай по применению в различных конструкциях и сооружениях приведена в таблице 1.

Таблица 1. Применение свай от вида конструкции и сооружения [2].

Тип свай	Область применения свай		
	по конструкции надфундаментной части	по грунтовым условиям	
		Грунты, которые проходит свая	Грунты в основании свай
Единая типа С; Единая и составная типа СК или СО	Здания и сооружения	Песчаные, пылевато-глинистые, насыпные, намывные	Скальные; Крупнообломочные, песчаные, пылевато-глинистые
Составная типа С Забивная типа СП	Здания и сооружения	Пески мелкие и пылеватые, рыхлые и средней плотности; супеси пластичные и текучие; суглинки и глины от тугопластичных	Нескальные следующих подгрупп: песчаные, пылевато-глинистые (кроме илов) Допускается опирание на скальные грунты:
		до текучих; илы; биогенные грунты	аргиллиты или алевролиты
Забивная типа СЦ	Здания и сооружения в фундаментах где: <ul style="list-style-type: none"> • сваи полностью в грунте; • сваи выпирают над поверхностью грунта на высоту не более 2 м. и в нагрузку не входят растягивающие усилия. 	Пески средней крупности, мелкие и пылеватые; суглинки и глины; супеси пластичные и текучие;	Нескальные следующих подгрупп: песчаные, пылевато-глинистые
Забивная типа СД	Колонны сельскохозяйственных зданий высотой до 6 м., пролетом до 21 м.	Супеси пластичные; суглинки и глины; пески средней крупности, мелкие и пылеватые средней плотности;	

Если сейсмичность строительной площадки не ограничена, для свай не следует использовать усиление ствола, кроме свай с квадратным сечением. Усиление применяется до 6 баллов включительно.

В местах, где имеются слабые грунты, у которых высокая мощность, используются пустотелые круглые сваи [2].

1.2. Несущая способность свай

Несущая способность свай - это способность конструкции здания уравнивать вес конструкции и сопротивление почвы. Расчет сопротивления опоры этих двух сил дает определение несущей способности свай. Когда опорные стержни в одном и том же основании находятся далеко друг от друга, несущая способность опорных стержней используется полностью. Современные методы расчета определяют необходимое количество опорных стержней с высокой точностью [2].

1.2.1. Методы расчета несущей способности свай

Несущая способность свай рассчитывается с использованием следующих данных:

- 1) Материал свай (деревянная, железобетонная и другие);
- 2) Одиночная опора или группа свай;
- 3) Расположение опоры в грунте (висячая конструкция или опирающаяся на плотное грунтовое основание);
- 4) Свойства грунтов (структура почвы, плотность, пучинистость, глубина промерзания и т.д.).

Следует иметь в виду, что при большом количестве опорных стержней, общая несущая способность свай будет уменьшена за счёт снижения силы бокового трения грунта о на сердцевине свай. Может возникнуть ситуация, при которой грунт в основании свай разрушается.

Методы для определения несущей способности свай:

- 1) Теоретический метод, с использованием формул и таблиц указанных в СНиП;

- 2) Динамический метод определения результатов забивной сваи;
- 3) Пробный метод нагрузки опор и изучения грунта.

В настоящей работе для разработки алгоритмов расчёта используется теоретический метод исследования несущей способности опорных стержней.

1.2.2. Теоретический метод

При разработке конструкторской документации, чаще всего, применяется теоретический метод выбора опор. Он включает анализ вертикальных измерений грунта в месте привязки общего плана строительства объекта и суммарной нагрузки на свайное основание.

С помощью формул и таблиц СНиП определяется несущая способность стержня, материал опор и частота распределения их по свайному ростверку, при этом следует учитывать однородность грунта и уровень грунтовых вод на строительной площадке.

Кроме того, выбирают способ забивки опор, тип механизма и качество его молота. Масса ударного компонента молота должна составлять не менее общего веса сваи. Если длина сваи превышает 12 метров, то вес молота следует брать 1.25 часть от массы стержня. Когда опора вбивается в плотный грунт, то применяется сваебойная машина с массой ударного компонента молота равной 1.5 от общей массы опорного стержня [8].

1.3. Типы грунтов

Чтобы правильно рассчитать несущую способность сваи, следует сначала определить тип грунта, добытый с помощью бура, изучив его состав [4].

Характеристики грунтов:

- 1) Если средний размер частиц песка достигает от 0,25 до 5 мм, то песок считается крупным. Этот тип почвы не меняет своего объема и не теряет своих свойств при повышении влажности;
- 2) Супесь – это смесь песка с примесью глины, составляющей не более 10%. Шары, свернутые из песчаной глины, не пластичны и могут быть легко повреждены легким давлением. Низкая

пористость почвы положительно влияет на ее устойчивость к расширению;

- 3) Суглинок состоит из смеси 70% песка и 30% глины. Измельченные шарики почвы образуют блин с краевой трещиной. Это явление указывает на то, что почва имеет большую пористость и ее легко расширяется;
- 4) Глина является наиболее распространенной основой почвы. Если образец почвы имеет содержание глины 30% и более, смесь считается глиной. Сплюснутые глиняные шарики образуют твердый блин без трещин и разрывов. Эту почву легче всего заморозить;
- 5) Торф - это органическая почва, не имеющая несущей способности. Строительство объектов на этих участках может осуществляться на спиральных сваях, если они проходят через слой торфа в плотную почву. Основным фактором при расчете длины винтовой сваи является глубина плотного основания [5].

2. Алгоритмы расчёта несущих способностей свай

2.1. Несущая способность свай при горизонтальных нагрузках

Причины горизонтальных нагрузок на свайные фундаменты составляют горизонтальные нагрузки от кранов в цехах, температурные расширения трубопроводов предприятий нефтегазовой промышленности, односторонний обрыв проводов ЛЭП и т.д. Поэтому во всех этих ситуациях важное значение имеет оценка несущей способности свай на горизонтальную нагрузку.

Проанализировав требования нормативной документации СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты [2] и СНиП 2.02.03-85 [1], был разработан алгоритм для расчёта несущей способности свай при горизонтальных нагрузках, который реализуется в следующей последовательности:

- 1) Определение коэффициента деформации;

- 2) Определение горизонтального перемещения головы сваи и угла её поворота, включая проверку условий их допустимости;
- 3) Проверка устойчивости основания;
- 4) Расчёт несущей способности сваи и проверка условия допустимости:

$$H \leq \frac{F_d}{\gamma_k}, \quad (1)$$

где H – расчётное значение поперечной силы, т, действующей на сваю;

F_d – несущая способность сваи, т;

γ_k – коэффициент надёжности.

Подробный разбор алгоритма:

2.1.1. Определение коэффициента деформации

По п.В.4 (Приложение В, СП 24.13330.2011) определяем коэффициент деформации [2]:

$$\alpha_d = \sqrt[5]{\frac{K * b_p}{\gamma_c * E * J}}, \quad (2)$$

где E – модуль упругости материала сваи;

γ_c – коэффициент условий работы, принимаемый равным 1.4;

J – момент инерции сечения сваи:

- а) Для свай из труб:

$$J = \frac{\pi * (d^4 - d_1^4)}{64}, \quad (3)$$

где d – диаметр сечения сваи; d_1 – внутренний диаметр сваи.

- б) Для свай прямоугольного сплошного сечения:

$$J = \frac{b * h^3}{12}, \quad (4)$$

где h – сторона сваи; b – ширина сваи.

b_p – условная ширина сваи, принимаемая равной:

- а) $b_p = d + 1$, если диаметр сваи ≥ 0.8 м.;
- б) $b_p = 1.5 * d + 0.5$ – для остальных случаев.

K – коэффициент пропорциональности, принимаемый от вида грунта вокруг свай и их количества по табл. 2.

Таблица 2. Коэффициенты пропорциональности [1].

Грунты, окружающие сваи, и их характеристики	Коэффициент пропорциональности K , тс/м ⁴
Глина твёрдая ($I_L < 0$); группный песок ($0.55 \leq e \leq 0.7$);	1800 - 3000
Песок средней крупности ($0.55 \leq e \leq 0.7$); песок мелкий ($0.6 \leq e \leq 0.75$); супесь твёрдая ($I_L < 0$); глина полутвёрдая ($0 \leq I_L \leq 0.75$);	1200 - 1800
Супесь пластичная ($0 \leq I_L \leq 1$); песок пылеватый ($0.6 \leq e \leq 0.8$); глина и суглинок мягкопластичный ($0.5 \leq I_L \leq 0.75$);	700 - 1200
Глина текучепластичная ($0.75 \leq I_L \leq 1$);	400 - 700
Крупнообломочный грунт с песчаным заполнителем; песок гравелистый ($0.55 \leq e \leq 0.7$);	5000 - 10000
где I_L – показатель текучести глинистых грунтов; e – коэффициент пористости;	

2.1.2. Определение горизонтального перемещения головы сваи и угла её поворота

Горизонтальное перемещение сваи, в уровне подошвы роствертка U_p (м.), и угол её поворота Ψ_p (рад.) определяются по п.5 (Приложение 1, СНиП 2.02.03-85) следующей формулой [1]:

$$U_p = U_0 + \Psi_0 * l_0 + \frac{H * l_0^3}{3 * E * J} + \frac{M * l_0^2}{2 * E * J}, \quad (5)$$

$$\Psi_p = \Psi_0 + \frac{H * l_0^2}{2 * E * J} + \frac{M * l_0}{E * J}, \quad (6)$$

где H и M – значения соответственно поперечной силы (кН) и изгибающего момента (кН*м), действующие на голову сваи;

l_0 - длина участка сваи (м.), равная расстоянию от подошвы ростверка до поверхности грунта;

U_0 и Ψ_0 – значения соответственно горизонтального перемещения и угла поворота сваи в уровне поверхности грунта. По п.12 (Приложение 1, СНиП 2.02.03-85) при одностадийном расчёте свай следует определять по следующим формулам:

$$U_0 = H_0 * \delta_{HH} + M_0 * \delta_{HM}; \quad (7)$$

$$\Psi_0 = H_0 * \delta_{MH} + M_0 * \delta_{MM}, \quad (8)$$

где H_0 и M_0 – расчётные значения соответственно поперечной силы (кН) и изгибающего момента (кН*м) в рассматриваемом сечении сваи, определяемые по следующим выражениям:

- а) $H_0 = Q$, где Q – горизонтальная сила, приложенная к голове сваи;
- б) $M_0 = M + H * l_0$, где M - расчётный изгибающий момент, приложенный к голове сваи.

$\delta_{HH} = \frac{A_0}{\alpha_d^3 * E}$ – горизонтальное перемещение сечения ($\frac{м}{кН}$) от силы $H_0 = 1$;

$\delta_{HM} = \frac{B_0}{\alpha_d^2 * E}$ - горизонтальное перемещение сечения ($\frac{1}{кН*м}$) от момента

$M_0 = 1$;

$\delta_{MH} = \frac{B_0}{\alpha_d^2 * E}$ - угол поворота сечения ($\frac{1}{кН}$) от силы $H_0 = 1$;

$\delta_{MM} = \frac{C_0}{\alpha_d * E}$ - угол поворота сечения ($\frac{1}{кН*м}$) от момента $M_0 = 1$;

A_0 , B_0 , C_0 – безразмерные коэффициенты, принимаемые по табл. 3 (Приложение 1, СНиП 2.02.03-85) в зависимости от приведённой глубины погружения сваи в грунт \bar{l} , определяемой по формуле [1]:

$$\bar{l} = l * \alpha_d, \quad (9)$$

где l – глубина заложения сваи;

α_d – коэффициент деформации.

Таблица 3. Безразмерные коэффициенты A_0 , B_0 , C_0 [2].

	Коэффициенты
--	--------------

Приведённая глубина погружения сваи \bar{l}	A_0	B_0	C_0
0.5	72.004	192.026	576.243
0.6	50.007	111.149	278.069
0.7	36.745	70.023	150.278
0.8	28.140	46.943	88.279
0.9	22.244	33.008	55.307
1.0	18.030	24.106	36.486
...
≥ 4.0	2.441	1.621	1.751

Для расчётного значения сваи по деформации следует проводить проверку соблюдения условий допустимости горизонтального перемещения головы сваи и угла поворота:

$$U_p \leq U_u; \quad (10)$$

$$\Psi_p \leq \Psi_u, \quad (11)$$

где U_u и Ψ_u - предельные значения соответственно горизонтального перемещения головы сваи и угла ее поворота, задающиеся при проектировании здания или сооружения;

2.1.3. Расчёт устойчивости основания

Расчет устойчивости основания следует производить по условию ограничения давления, взаимодействующего с грунтом боковыми поверхностями свай, по п.В.7 (Приложение В, СП 24.13330.2011) [2]:

$$\sigma_z \leq \eta_1 \eta_2 * \frac{4}{\cos \varphi} * (\gamma * z * \tan \varphi + \xi * c), \quad (12)$$

где σ_z – расчётное давление на грунт (кПа) боковой поверхностью сваи, рассчитываемое на глубине z (м.). При низком ростверке - от его подошвы, а при высоком ростверке от поверхности грунта:

а) При $\bar{l} \leq 2.5$ – на двух глубинах, соответствующих $z = \frac{l}{3}$ и $z = l$;

б) При $\bar{l} > 2.5$ – на глубине $z = \frac{0.85}{\alpha_d}$;

γ – расчетный удельный вес грунта (кН/м³);

ξ – коэффициент, равный 0.6 при забивных сваях, а в остальных случаях – 0.3;

φ и c – расчетные значения соответственно угла внутреннего трения грунта (град.) и удельного сцепления грунта (кПа);

η_1 – коэффициент, равный 1 или 0.7, если происходит расчет фундаментов распорных сооружений;

η_2 – коэффициент, который показывает долю постоянной нагрузки в общей нагрузке, определяемый по формуле:

$$\eta_2 = \frac{M_c + M_t}{\bar{n} * M_c + M_t}, \quad (13)$$

где \bar{n} – коэффициент, принимаемый значение равное 2.5;

$M_c = \frac{M_{об} * D_{пн}}{100}$ – момент от внешних постоянных расчетных нагрузок в сечении фундамента на уровне нижних концов свай, кН·м;

$M_t = M_{об} - M_c$ – то же, от внешних временных расчетных нагрузок, кН·м;

$M_{об} = M + H * (l_0 + l)$ – суммарный момент от действия внешних сил на уровне нижнего конца сваи.

Расчётное давление на грунт боковой поверхности сваи на глубине z определяется по формуле 36 (Приложение 1, СНиП 2.02.03-85):

$$\sigma_z = \frac{K}{\alpha_d * \gamma_c} * z * (U_0 * A_1 - \frac{\Psi_0}{\alpha_d} * B_1 + \frac{M_0}{\alpha_d^2 * E} * C_1 + \frac{H_0}{\alpha_d^3 * E} * D_1), \quad (14)$$

где A_1 , B_1 , C_1 и D_1 – коэффициенты, принимаемые по табл. 4 (Приложение 1, СНиП 2.02.03-85) на основе приведённой глубины расположения сечения сваи $\bar{z} = \alpha_d * z$.

Таблица 4. Безразмерные коэффициенты A_l , B_l , C_l , D_l [2].

Приведённая глубина	Коэффициенты			
	A_1	B_1	C_1	D_1

погружения сваи \bar{l}				
0.0	1.000	0.000	0.000	0.000
0.1	1.000	0.100	0.005	0.000
0.2	1.000	0.200	0.020	0.001
0.3	1.000	0.300	0.045	0.005
0.4	1.000	0.400	0.080	0.011
0.5	1.000	0.500	0.125	0.021
...
4.0	-5.853	-5.941	-0.927	4.548

2.1.4. Расчёт несущей способности свай

По п.10 (Приложение 1, СНиП 2.02.03-85) несущая способность свай при действии горизонтальной нагрузки определяется по формуле [1]:

а) Для свай, не имеющей жёсткой заделки в ростверк:

$$F_d = \eta_1 \eta_2 * \frac{a * b_p}{2} * z_z^2; \quad (15)$$

б) Для свай, имеющей жёсткую заделку в низкий ростверк:

$$F_d = 1.65 * \eta_1 \eta_2 * \sqrt[3]{a * b_p * M_u^2}, \quad (16)$$

где a – прочностной коэффициент пропорциональности, принимаемый от вида грунта вокруг свай по табл. 5 (Приложение 1, СНиП 2.02.03-85);

Таблица 5. Прочностные коэффициенты пропорциональности.

Грунты, окружающие сваи, и их характеристики	Прочностный коэффициент пропорциональности a , тс/м ³
Пески крупные ($0.55 \leq e \leq 0.7$); глины и суглинки твёрдые ($I_L < 0$)	7.1 – 9.2
Пески мелкие ($0.6 \leq e \leq 0.75$); пески средней крупности ($0.55 \leq e \leq 0.7$); супеси твёрдые ($I_L < 0$); глины и суглинки тугопластичные и полутвёрдые ($0 \leq I_L \leq 0.75$)	6.0 – 7.1

Грунты, окружающие сваи, и их характеристики	Прочностный коэффициент пропорциональности a , тс/м ³
Пески пылеватые ($0.6 \leq e \leq 0.8$); супеси пластичные ($0 \leq I_L \leq 1$); глины и суглинки мягкопластичные ($0.5 \leq I_L \leq 0.75$)	4.4 – 6.0
Глины и суглинки текучепластичные ($0.75 \leq I_L \leq 1$)	2.6 – 4.4
Пески гравелистые ($0.55 \leq e \leq 0.7$); крупнообломочные грунты с песчаным заполнителем	10 - 12
где e – коэффициент пористости песчаных грунтов; I_L – показатель текучести глинистых грунтов.	

z_z – расстояние (м.) от поверхности грунта до местоположения пластического шарнира, которое определяется из уравнения:

$$z_z^3 + \frac{3}{2} * e * z_z^2 - \frac{3M_u}{a*b_p} = 0, \quad (17)$$

где $e = \frac{M}{N}$ - эксцентриситет приложения внешней нагрузки к свае, м.

M_u - предельный изгибающий момент (кН·м). Определяется из следующего условия:

$$\frac{N}{A} + \frac{M_u}{W} \leq R_y, \quad (18)$$

где A – площадь поперечного сечения сваи:

а) Для свай из труб:

$$A = \frac{\pi*(d^2-d_1^2)}{4}, \quad (19)$$

где d – диаметр сечения сваи;

d_1 – внутренний диаметр сваи;

б) Для свай прямоугольного сплошного сечения:

$$A = b * h, \quad (20)$$

где h – сторона сваи;

b – ширина сваи.

W – момент сопротивления поперечного сечения сваи:

а) Для свай из труб:

$$W = \frac{\pi(d^4 - d_1^4)}{32d}, \quad (21)$$

где d – диаметр сечения сваи; d_1 – внутренний диаметр сваи;

б) Для свай прямоугольного сплошного сечения:

$$W = \frac{b \cdot h^3}{6}, \quad (22)$$

где h – сторона сваи; b – ширина сваи.

R_y – расчётное сопротивление материала сваи.

Расчёт несущей способности сваи должен производиться по следующему условию ограничения:

$$H \leq \frac{F_d}{\gamma_k}, \quad (23)$$

где γ_k – коэффициент надёжности по грунту, принимаемый значение равное 1.4;

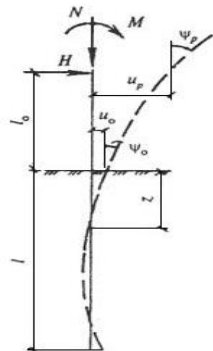
H – горизонтальная сила, приложенная к голове сваи.

2.1.5. Проверка алгоритма на реальных данных

Пример расчёта несущей способности сваи из металлической трубы при горизонтальной нагрузке:

Исходные данные:

Рисунок 1. Схема нагрузок на сваю



1. Данные о свае:

- a) $d = 0.53$ – диаметр сечения сваи;
- b) $t = 0.01$ – толщина стенки сваи;
- c) $l_0 = 5$ – свободная длина сваи;
- d) $l = 9$ – глубина заложения сваи;
- e) $E = 21 \cdot 10^6$ – модуль упругости материала сваи (для стали 09Г2С);
- f) $R = 3200$ – расчётное сопротивление материала сваи (для стали 09Г2С);

2. Данные о нагрузках:

- a) $N = 0.616$ – вертикальная сила;
- b) $Q = 0.5$ – горизонтальная сила, приложенная к голове сваи;
- c) $M = 4.8$ – расчётный изгибающий момент;

3. Дополнительные данные для расчёта:

- a) $H_{bol} = 2$ – глубина болота;
- b) $U_u = 0.05$ и $\Psi_u = 0.02$ – предельные значения соответственно горизонтального перемещения головы сваи и угла ее поворота;

4. Данные о грунтах, расположенные по порядку в геологической скважине:

- a) ИГЭ 203: $J_{203} = 0.37$ – показатель текучести; $M_{203} = 2.6$ – мощность слоя;
- b) ИГЭ 204: $J_{204} = 0.635$ – показатель текучести; $M_{203} = 100$ – мощность слоя;
- c) ИГЭ 205: $J_{205} = 0.877$ – показатель текучести; $M_{203} = 10$ – мощность слоя;

1) Определение коэффициента деформации по формуле (2):

$$J = \frac{\pi \cdot (d^4 - d_1^4)}{64} = 5.5 \cdot 10^{-4} \text{ м.}^4$$

$$b_p = 1.5 \cdot d + 0.5 = 1.5 \cdot 0.53 + 0.5 = 1.295 \text{ м.}$$

$$l_k = 3.5 \cdot 0.53 + 1.5 = 3.355 \text{ м., следовательно, в пределах глубины}$$

расположены грунты, представленные в табл. 6:

Таблица 6. Грунты, лежащие в пределах расчётной глубины.

ИГЭ	Название грунта	Консистенция грунта	Мощность слоя	К
203	Суглинок тугопластичный	0.37	2.6	1356
204	Суглинок мягкопластичный	0.635	0.755	930

Приведённый коэффициент пропорциональности $K = 1334.427 \text{ т/м}^4$.
Следовательно, коэффициент деформации равен $\alpha_d = 0.54853 \text{ м}^{-1}$.

2) Определение горизонтального перемещения головы сваи и угла её поворота по формулам (5) и (6):

$$H_0 = Q = 0.5 \text{ т.};$$

$$M_0 = M + H * l_0 = 4.8 + 0.5 * 5 = 8.3 \text{ т * м};$$

$$\bar{l} = l * \alpha_d = 9 * 0.54853 = 4.94;$$

$$A_0 = 2.441; B_0 = 1.621; C_0 = 1.751.$$

$$\delta_{HH} = 1.3 * 10^{-3}; \delta_{HM} = \delta_{MH} = 4.7 * 10^{-4}; \delta_{MM} = 2.8 * 10^{-4};$$

Тогда горизонтальное перемещение и угол поворота на уровне поверхности грунта равны:

$$U_0 = 4.5 * 10^{-3}; \Psi_0 = 2.5 * 10^{-3};$$

$$U_p = 37.17 \text{ мм. и } \Psi_p = 0.006 \text{ рад.}$$

Проверка условий представлена в табл. 7:

Таблица 7. Проверка условий горизонтального перемещения и угла поворота головы сваи.

Условие	Значения, мм/рад.	Результат
$U_p \leq U_u$	$37.17 \leq 50$	Условие выполняется
$\Psi_p \leq \Psi_u$	$0.006 \leq 0.02$	Условие выполняется

3) Расчёт устойчивости основания по формуле (12):

$$M_{об} = M + H * (l_0 + l) = 9.3 \text{ т * м};$$

$$M_c = \frac{M_{об} * D_{пн}}{100} = 1.86 \text{ т * м};$$

$$M_t = M_{об} - M_c = 7.44 \text{ т} \cdot \text{м};$$

$$\eta_2 = 0.76923;$$

$$z = \frac{0.85}{\alpha_d} = 1.55 \text{ м.}, \text{ грунт, в котором определяется расчётное давление,}$$

будет представлен в табл. 8.

Таблица 8. Грунт, определяющий расчётное давление, и его характеристики.

ИГЭ	Название грунта	Консистенция грунта	γ , т /м ³	c , т/м ²	φ , град.
203	Суглинок тугопластичный	0.37	1.931	2.3	18.22

Коэффициенты A_1 , B_1 , C_1 и D_1 , определяемые исходя от приведённой глубины, представлены в табл. 9.

Таблица 9. Коэффициенты A_1 , B_1 , C_1 и D_1 .

\bar{z}	A_1	B_1	C_1	D_1
0.85	0.996	0.849	0.3625	0.103

Следовательно, $\sigma_z = 1.01 \text{ т/м}^2$;

Выполняем проверку условия:

Условие	Значения, т/м ² .	Результат
$\sigma_z \leq \eta_1 \eta_2 * \frac{4}{\cos \varphi} * (\gamma * z * \tan \varphi + \xi * c)$	1.01 ≤ 5.43	Условие выполняется

4) Расчёт несущей способности свай по формуле (15):

$l_k = 3.5 * 0.53 + 1.5 = 3.355 \text{ м.}$, следовательно, в пределах глубины расположены грунта, представленные в табл. 10.

Таблица 10. Грунты в пределах расчётной глубины.

ИГЭ	Название грунта	Консистенция грунта	Мощность слоя	a , т /м ³
203	Суглинок тугопластичный	0.37	2.6	6.286

ИГЭ	Название грунта	Консистенция грунта	Мощность слоя	a , т /м ³
204	Суглинок мягкопластичный	0.635	0.755	5.136

Тогда, приведённый прочностный коэффициент пропорциональности в пределах глубины $a = 6.228$;

$$e = \frac{M}{N} = 7.8 \text{ м.}; A = 163.36 \text{ см}^2;$$

$$W = \frac{\pi \cdot (d^4 - d_1^4)}{32 \cdot d} = 2084.42 \text{ см}^3;$$

$$M_u = 66.623 \text{ т} \cdot \text{м};$$

Решая кубическое уравнение (17), определяем значение расстояния z_z , которое представлено в табл. 11.

Таблица 11. Корни решения кубического уравнения.

№ корня	Значение корня	Выбранный корень
1	-11.5	1.38
2	1.38	
3	-1.56	

Тогда, несущая способность свай равна: $F_d = 4.2$ т.

Выполняем проверку условия:

Условие	Значения, т.	Результат
$H \leq \frac{F_d}{\gamma_k}$	$0.5 \leq 4.2$	Условие выполняется

2.2. Несущая способность свай при вертикальных нагрузках

Под действием вертикальной нагрузки потеря несущей способности свай может происходить из-за разрушения грунта под нижнем концом или из-за разрушения самой свай. Поэтому расчеты производятся с учётом следующих условий: условие, основанное на прочности материала свай, и условие

прочности грунта в основании сваи. Меньшее значение используется в проекте как несущая способность сваи.

Свайные фундаменты рассчитываются с учётом условия допустимости [2]:

$$N \leq \frac{\Phi}{\gamma_k}, \quad (24)$$

где N – расчётная нагрузка, т, передаваемая на сваю;

Φ – расчётная несущая способность грунта основания одиночной сваи, т;

γ_k – коэффициент надёжности, принимаемый равным 1,4.

Для висячей забивной сваи, работающей на сжимающую нагрузку, несущая способность определяется, как сумма сопротивлений грунтов вокруг сваи, по следующей формуле:

$$\Phi = m * (m_R * R * F + u * \sum m_f * f_i * l_i), \quad (25)$$

где m – коэффициент равный 1, который характеризует условие работы сваи в грунте;

R – расчётное сопротивление грунта в основании сваи, тс/м²;

F – площадь опирания сваи на грунт, м², принимаемая по площади поперечного сечения сваи брутто;

u – наружный периметр поперечного сечения сваи;

f_i – расчётное сопротивление i -го слоя грунта основания на боковой поверхности сваи, тс/м²;

l_i – толщина i -го слоя грунта, соприкасающегося с боковой поверхностью, м;

m_R и m_f – коэффициенты условий работы грунта соответственно под нижним концом и на боковой поверхности сваи.

В формуле [25] расчёт суммы сопротивлений грунта проводится по всем слоям, пройденным свайей, значения которых выбираются по таблице 6 в зависимости от глубины погружения нижнего конца сваи.

Таблица 12. Расчётные сопротивления под нижним концом забивных свай и свай-оболочек [2].

Глубина погружения нижнего конца свай, м.	Расчётные сопротивления под нижним концом забивных свай и свай-оболочек, погружаемых без выемки грунта, R, тс/м ²						
	песчаных грунтов средней плотности						
	гравелистых	крупных	-	средней крупности	мелких	пылеватых	-
	глинистых грунтов при показателе консистенции равной:						
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
3	750	$\frac{660}{400}$	300	$\frac{310}{200}$	$\frac{200}{120}$	110	60
4	830	$\frac{680}{510}$	380	$\frac{320}{250}$	$\frac{210}{160}$	125	70
5	880	$\frac{700}{620}$	400	$\frac{340}{280}$	$\frac{220}{200}$	130	80
7	970	$\frac{730}{690}$	430	$\frac{370}{330}$	$\frac{240}{220}$	140	85
...
35	1500	1000	800	600	410	225	140
Примечание:							
<ul style="list-style-type: none"> В случаях, когда в ячейке находится два значения, верхнее относится к пескам, а нижнее к глинам. Глубина погружения принимается от уровня природного рельефа. 							

Несущая способность Φ_6 , тс, свай, работающей на выдёргивание, определяется по следующей формуле:

$$\Phi_6 = m * u * \sum m_f * f_i * l_i, \quad (26)$$

где u , m_f и l_i – те же, что и в формуле [25];

m – коэффициент условий работы, принимаемый значение:

- для анкерных и угловых опор равное 1;
- для промежуточных опор равное 1.2.

2.2.1. Классификация математической модели

- 1) В зависимости от оператора модели: линейная;
- 2) В зависимости от целей моделирования: проверка соблюдения условий расчёта несущей способности свай;
- 3) В зависимости от методов моделирования: алгоритмическая;
- 4) В зависимости от переменных модели:

- детерминированная (значения всех параметров модели определяются детерминированными величинами);
- статическая (не изменяется во времени).

3. Программная часть реализации алгоритмом

Программная реализация алгоритмов осуществлялась с использованием .NET технологий и языка программирования C Sharp [8, 9].

Для расчёта разработанных методов был создан интерфейс калькулятора, представленный на рисунке 2.

Рисунок 2. Интерфейс калькулятора.

```
internal interface ICalculator<in TIn, out TOut>
{
    TOut Calculate(TIn inputData);
}
```

Интерфейс представляет ссылочный тип, который определяет набор методов и свойств, но не реализует их. Затем этот функционал реализуют классы и структуры, которые применяют данные интерфейсы, как показано на рисунках 3 и 4.

Рисунок 3. Калькулятор для вычисления несущей способности сваи в виде металлической трубы.

```
/// <summary>
/// Калькулятор для вычисления несущей способности сваи в виде металлической трубы
/// </summary>
internal class MetallicPipePileLoadBearingCapacityCalculator : ICalculator<
    MetallicPipePileLoadBearingCapacityInputModel, LoadBearingCapacityOutputModel>
{
    /// <summary>
    /// Вычислить значение модели
    /// </summary>
    /// <param name="inputData">Входная модель</param>
    /// <returns></returns>
    public LoadBearingCapacityOutputModel Calculate(MetallicPipePileLoadBearingCapacityInputModel inputData)
    {
        throw new NotImplementedException();
    }
}
```

Рисунок 4. Калькулятор для вычисления несущей способности ж/б сваи прямоугольного сечения.

```

/// <summary>
/// Калькулятор для вычисления несущей способности ж/б сваи прямоугольного сечения
/// </summary>
internal class SquareReinforcedPileLoadBearingCapacityCalculator : ICalculator<
    SquareReinforcedPileLoadBearingCapacityInputModel, LoadBearingCapacityOutputModel>
{
    /// <summary>
    /// Вычислить значение модели
    /// </summary>
    /// <param name="inputData">Входная модель</param>
    /// <returns></returns>
    public LoadBearingCapacityOutputModel Calculate(SquareReinforcedPileLoadBearingCapacityInputModel inputData)
    {
        throw new NotImplementedException();
    }
}

```

На рисунке 5 изображена входная модель для калькулятора расчёта несущей способности сваи из металлической трубы при горизонтальных нагрузках. При реализации модели использовались основные принципы объектно-ориентированного программирования, благодаря которым она наследуется от базовой абстрактной входной модели для расчёта, показанной на рисунке 6.

Рисунок 5. Входная модель для калькулятора расчёта несущей способности сваи из металлической трубы.

```

/// <summary>
/// Входная модель для калькулятора расчёта несущей способности сваи из металлической трубы при горизонтальных нагрузках
/// </summary>
public class MetallicPipePileLoadBearingCapacityInputModel : LoadBearingCapacityBaseInputModel
{
    /// <summary>
    /// Свая в виде металлической трубы
    /// </summary>
    public MetallicPipePile Pile { get; set; }
}

```

Рисунок 6. Базовая входная модель для расчёта несущей способности сваи

```

/// <summary>
/// Базовая входная модель для расчёта несущей способности
/// </summary>
public abstract class LoadBearingCapacityBaseInputModel
{
    /// <summary>
    /// Слой грунта
    /// </summary>
    public IEnumerable<SoilLayer> SoilLayers { get; set; }

    /// <summary>
    /// Коэффициенты для расчёта
    /// </summary>
    public CalculationCoeffs CalculationCoeffs { get; set; }

    /// <summary>
    /// Параметры нагрузки
    /// </summary>
    public LoadsParameters LoadsParameters { get; set; }

    /// <summary>
    /// Дополнительные параметры расчёта
    /// </summary>
    public AdditionalDataModel AdditionalDataModel { get; set; }
}

```

3.1. Результат работы

Результатом проделанной работы являются алгоритмы расчёта несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках. Данный проект предполагает получение экономической, социологической и ресурсной эффективности. Фактором эффективности разработки является возможность более качественного и быстрого конструирования и возведения свайного фундамента, а также минимизирование возникновения ошибок при расчётах.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8Б51	Батясову Евгению Станиславовичу

Школа	ИШИТР	Отделение (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих; 2. Нормы и нормативы расходования ресурсов; 3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования 	<p>Рабочий процесс был посвящен разработке алгоритмов расчёта несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках. Стоимость всех финансовых ресурсов научного исследования составляет 71754 руб.;</p> <p>Человеческие ресурсы - 2 человека (научный руководитель и студент).</p>
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Планирование работ и оценка их выполнения
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Смета затрат на проект
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Смета затрат на оборудование
	Оценка экономической эффективности
Перечень графического материала:	
<ol style="list-style-type: none"> 1. График проведения и бюджет НИР 2. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИР 	

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Тухватулина Лилия Равильевна	к.ф.н.		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Батясов Евгений Станиславович		

4. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Для эффективного использования научного потенциала научно-исследовательской работы (НИР) необходимо прилагать усилия не только к непосредственно её разработке, но и к проведению её анализа с точки зрения экономических требований.

Целью настоящей работы является разработка алгоритмов расчёта несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках. Данные алгоритмы позволят сэкономить время при конструировании и строительстве свайных фундаментов.

В ходе разработки системы выполнялся анализ предметной области, поиск аналогов, изучалась нормативная документация, которая строго регламентирует как проектирование свайных фундаментов, так и особенности его обустройства на участке с тем или иным рельефом. Также разрабатывались математические модели для проверки работоспособности алгоритмов.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» части выпускной квалификационной работы рассмотрены следующие вопросы:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;
- планирование научно - исследовательской работы;
- расчёт бюджета научно - технического исследования;

4.1. Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

4.1.1. Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок.

Целевой рынок – сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, сегмент рынка – это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

Потенциальными потребителями результатов НИР являются компании, имеющие дело с возведением свайных фундаментов.

Отрасль применения: строительство.

Основными сегментами данного рынка являются крупные и мелкие компании, оказывающие услуги по строительству сооружений [10].

4.2. План работ по научно-исследовательскому проекту

4.2.1. Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса предполагаемых работ осуществляется в следующем порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение участников каждой работы;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для выполнения научных исследований формируется рабочая группа, в состав которой могут входить научные сотрудники и преподаватели, инженеры, техники и лаборанты, численность групп может варьироваться. По каждому виду запланированных работ устанавливается соответствующая должность исполнителей.

В данном разделе был составлен перечень этапов и работ в рамках научного исследования и проведено распределение исполнителей по видам деятельности. Перечень работ и распределение исполнителей приведены в

таблице 13. Для выполнения научного исследования была сформирована рабочая группа, в состав которой входят научный руководитель (НР) и студент (С).

Таблица 13 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ работ	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	НР
Выбор направления исследований	2	Выбор направления исследований	НР, С
	3	Разработка календарного плана	НР, С
	4	Подбор и изучение материалов по теме	НР, С
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Литературный обзор по теме исследования	С
	6	Исследование полученных исходных данных	С
	7	Проведение разработки алгоритмов решения задачи	С
	8	Выбор программной среды реализации алгоритмов	С
	9	Построение математической модели	С
	10	Проверка модели на исходных данных	С
Обобщение и оценка результатов	11	Обсуждение результатов и оценка их эффективности	НР, С
Оформление отчета по НИР	12	Оформление расчётно-пояснительной записки	С

4.2.2. Определение трудоемкости выполнения работ

Расчет продолжительности этапов работ при выполнении выпускной квалификационной работы является важным этапом, так он позволяет определить трудоемкость проводимых работ, а трудовые затраты составляют основную часть стоимости научно-исследовательской работы.

Трудоемкость – максимально допустимые затраты труда в человеко-днях на выполнение НИР с учетом организационно технических мероприятий, обеспечивающих наиболее рациональное использование выделенных ресурсов.

Существуют разные методы расчета продолжительности этапов работы, в рамках данной НИР используется экспертный способ, который предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости $t_{ожі}$ используется следующая формула [11]:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5}, \quad (27)$$

где $t_{ожі}$ – ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы чел.-дн.;

$t_{\min i}$ – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$ – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Для выполнения перечисленных в таблице 13 работ требуются специалисты:

- исполнитель (И);
- научный руководитель (НР).

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях T_p , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_{pi} = \frac{t_{oji}}{Ч_i}, \quad (28)$$

где T_{pi} – продолжительность одной работы, раб. дн.;

t_{oji} – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$ – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

4.2.3. Разработка графика проведения научного исследования

Наиболее удобным и наглядным способом отслеживания выполнения проектной работы является диаграмма Ганта.

Диаграмма Ганта – горизонтальный ленточный график, на котором работы по теме представляются протяженными во времени отрезками, характеризующимися датами начала и окончания выполнения данных работ.

Для составления графика проведения работ необходимо длительность каждой работы перевести в число календарных дней. Для этого необходимо воспользоваться следующей формулой [11]:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (29)$$

где T_{ki} – продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$ – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (30)$$

где $T_{\text{кал}}$ – календарные дни;

$T_{\text{вд}}$ – выходные дни;

$T_{\text{пд}}$ – праздничные дни.

Коэффициент календарности для 2019 года равен:

$$T_k = \frac{365}{365 - 52 - 14} = 1,22$$

В таблице 14 приведен расчет определения продолжительности этапов работ и их трудоемкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. Условные обозначения: научный руководитель (НР), студент (С).

Таблица 14 – Трудозатраты на выполнение проекта.

Название работы	Исполнители	Трудоемкость			Длительность работ в рабочих днях $T_{\text{рд}}$	Длительность работ в календарных днях $T_{\text{к}}$
		t_{min}	t_{max}	$t_{\text{ожид}}$		
Составление и утверждение технического задания	НР	2	4	2.8	3	4
Выбор направления исследований	НР, С	3	5	3.8	2	3
Разработка календарного плана	НР, С	3	5	3.8	2	3

Название работы	Исполнители	Трудоемкость			Длительность работ в рабочих днях $T_{рд}$	Длительность работ в календарных днях T_k
		t_{min}	t_{max}	$t_{ожид}$		
Подбор и изучение материалов по теме	НР, С	8	11	9.2	5	7
Литературный обзор по теме исследования	С	9	12	10.2	11	14
Исследование полученных исходных данных	С	8	11	9.2	5	7
Проведение разработки алгоритмов решения задачи	С	12	16	13.6	14	18
Выбор программной среды реализации алгоритмов	С	2	4	2.8	3	4
Построение математической модели	С	15	20	17	17	21
Проверка модели на исходных данных	С	3	5	3.8	4	5
Обсуждение результатов и оценка их эффективности	НР, С	4	6	4.8	3	4
Оформление расчётно-пояснительной записки	С	15	20	17	17	21

На основе таблицы 14 построена диаграмма Ганта для максимального по длительности исполнения работ в рамках выполняемого проекта.

Таблица 15 – Диаграмма Ганта.

№ рабо ты	Название работы	Исп олн ител и	кi, кал. дн.	Продолжительность выполнения работ													
				февр.			март			апрель			май			июнь	
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2
1	Составление и утверждение технического задания	НР	4														
2	Выбор направления исследований	НР, С	3														
3	Разработка календарного плана	НР, С	3														
4	Подбор и изучение материалов по теме	НР, С	7														
5	Литературный обзор по теме исследования	С	14														
6	Исследование полученных исходных данных	С	7														
7	Проведение разработки алгоритмов решения задачи	С	18														
8	Выбор программной среды реализации алгоритмов	С	4														
9	Построение математической модели	С	21														
10	Проверка модели на исходных данных	С	5														
11	Обсуждение результатов и оценка их эффективности	НР, С	4														
12	Оформление расчётно-пояснительной записки	С	21														

■ –руководитель ■ - студент

Для упрощения наглядности построим линейный график работ и график занятости работников, ведь он отображает наименования этапов, численность исполнителей и длительность выполнения каждого вида работ.

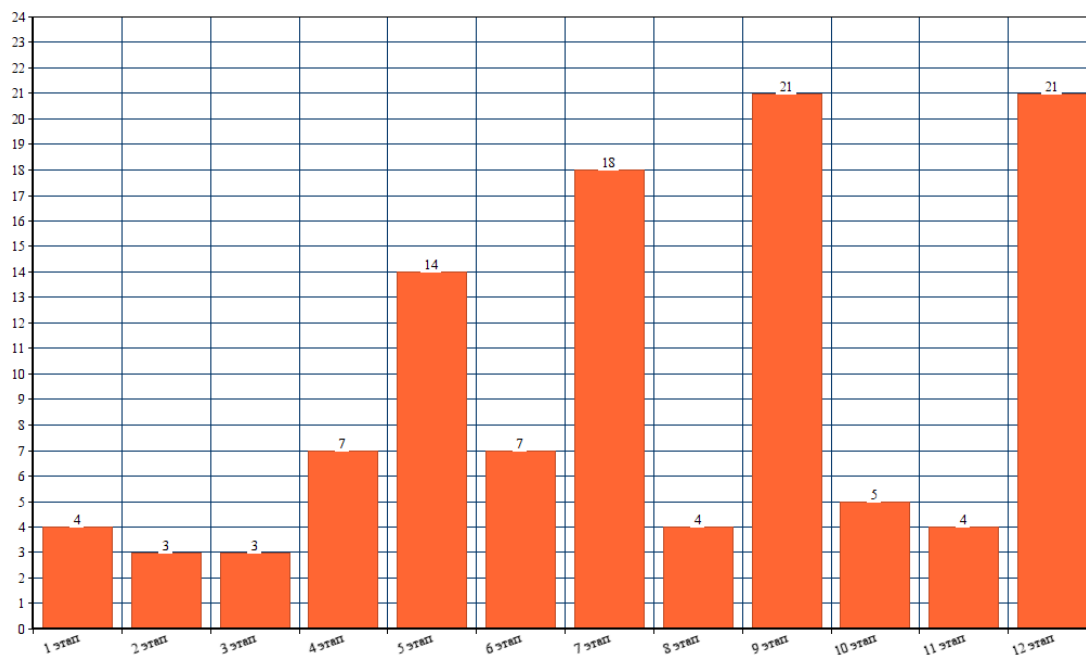


Рисунок 7. Диаграмма исполнения работ в рамках выполняемого проекта

4.3. Бюджет научно-технического исследования (НТИ)

При планировании бюджета НТИ должно быть обеспечено полное и достоверное отражение всех видов расходов, связанных с его выполнением. В процессе формирования бюджета НТИ используется следующая группировка затрат по статьям:

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчет сметной стоимости ее выполнения производится по следующим статьям:

- затраты на материалы;
- заработная плата исполнителей НИР;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);

- амортизационные отчисления;
- накладные расходы, включающие в себя расходы на электроэнергию, оплату услуг связи, прочие расходы.

4.3.1. Расчет материальных затрат НТИ

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле:

$$Z_{эл.об} = P_{об} * t_{об} * Ц_{э}, \quad (31)$$

где $P_{об}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$Ц_{э}$ – тариф на 1 кВт·час (в Томске составляет 2,75 руб./кВт·час с учетом НДС.);

$t_{об}$ – время работы оборудования, час.

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 3 для исполнителя ($T_{рд}$) из расчета, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов.

$$t_{об} = T_{рд} * K_t, \quad (32)$$

где $K_t \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к ТРД, определяется исполнителем самостоятельно.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле:

$$P_{об} = P_{ном} * k_c, \quad (33)$$

где $P_{ном.}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$k_c \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $k_c = 1$.

Расчет затраты на электроэнергию для технологических целей представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Материальные затраты

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $C_{эл.об}$, руб.
Персональный компьютер	70*0,8	0,4	154
Итого:			154

Общая стоимость материальных затрат данного проекта составила 154 рубля.

4.3.2. Амортизационные отчисления

Амортизационные отчисления — это денежные средства, предназначенные для возмещения износа предметов, относящихся к основным средствам.

Амортизацию оборудования в классическом понимании можно назвать постепенным переносом стоимости основной части финансов организации и ее активов нематериального значения по уровню их морального и физического износа на итоговую цену выпускаемых товаров.

Амортизация компьютерной техники рассчитывается в руб./год:

$$K_{ам} = \frac{T_{исп.кт}}{T_{кал}} * C_{кт} * \frac{1}{T_{сл}}, \quad (34)$$

где $T_{исп.кт}$ — время использования компьютерной техники;

$T_{кал}$ — календарное время;

$C_{кт}$ — цена компьютерной техники;

$T_{сл}$ — срок службы компьютерной техники.

Таким образом:

$$K_{\text{ам}} = \frac{95}{365} * 30000 * \frac{1}{3} = 2602,74 \text{ руб.}$$

Общая стоимость амортизационных отчислений данного проекта составила 2602.74 рублей.

4.3.3. Основная заработная плата исполнителей темы

Основная заработная плата руководителя рассчитывается на основании отраслевой оплаты труда (оклад, стимулирующие выплаты, районный коэффициент).

Для студента-бакалавра основную заработную плату составляет государственная стипендия, а также повышенная академическая стипендия с учетом районного коэффициента.

Смета затрат на оплату труда в большинстве случаев составляет наибольшую часть себестоимости НИР. Среднедневная тарифная заработная плата ЗП_{дн} рассчитывается по формуле:

$$ЗП_{\text{дн}} = \frac{ЗП_{\text{м}}}{20,58}, \quad (35)$$

где ЗП_м-месячный должностной оклад работника, руб. Данная формула уже учитывает, что в 2019 году 247 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 20,58 рабочих дня (при пятидневной рабочей неделе).

Для расчета основной заработной платы необходимо привести действительный годовой фонд рабочего времени руководителя и студента.

Таблица 17 – Баланс времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней (выходные дни и праздничные дни)	52 и 14	104 и 14
Потери рабочего времени (отпуск, больничные)	52	14
Действительный годовой фонд рабочего времени	247	233

Таблица 18 – Расчет затрат на основную заработную плату

Исполнитель	Оклад руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Районный коэффициент	Фонд основной з/платы, руб.
Руководитель	23264,86	1130,46	21	1,3	30861,59
Студент	1906	92,61	107	1,3	12882,05
Итого $Z_{\text{зн}}$:					43743,64

4.3.4. Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле [12]:

$$Z_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * Z_{\text{осн}}, \quad (36)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы, равен 0,12.

Таблица 19 – Расчёт дополнительной заработной платы

Исполнитель	$Z_{\text{осн}}$, руб	$k_{\text{доп}}$	$Z_{\text{доп}}$, руб
Руководитель	30861,59	0.12	3703,39
Студент	12882,05	0.12	1545,85
Итого:			5249,24

Общая сумма дополнительной заработной платы исполнителей проекта составила 5249,24 рубля.

4.3.5. Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные страховые фонды составляют 30 % от расходов на оплату труда и включают в себя: обязательные отчисления органам государственного социального страхования, пенсионного фонда, государственного фонда занятости и медицинского страхования.

На 2019 г. размер отчислений в государственные внебюджетные фонды составляет:

- ПФР – 22%;
- ФСС России – 2,9%;
- ФФОМС – 5,1%.

На основании пункта 6 ч. 1 ст. 58 закона 212-ФЗ, для учреждений, осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2019 году, вводится пониженная ставка – 28%.

Таким образом:

$$З_{\text{соц}} = (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}) * 0.28, \quad (37)$$

В нашем случае:

$$З_{\text{соц}} = (43743,64 + 5249,24) * 0.28 = 13718 \text{ руб.}$$

Общая сумма отчислений во внебюджетные фонды в рамках данного проекта составила 13718 рублей.

4.3.6. Накладные расходы

В статье «Накладные расходы» отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, к ним относятся содержание оргтехники, услуги связи, представительные расходы и другие. Их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов:

$$З_{\text{проч}} = (З_{\text{зп}} + З_{\text{соц}} + З_{\text{эл.об}}) * 0.1, \quad (38)$$

Таким образом:

$$З_{\text{проч}} = (43743,64 + 5249,24 + 13718 + 154) * 0.1 = 6286,5 \text{ руб.}$$

Общая сумма накладных расходов в рамках данного проекта составила 6286,5 рубля.

4.3.7. Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Проведя расчет по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость проекта «Разработка алгоритмов расчёта несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках». Смета затрат на разработку представлена в таблице 20.

Таблица 20 – Смета затрат на разработку проекта

Наименование статьи	Условное обозначение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	$З_{\text{зп}}$	43743,64
Дополнительная заработная плата	$З_{\text{доп}}$	5249,24
Расходы на электроэнергию	$З_{\text{эл.об}}$	154
Амортизационные отчисления	$K_{\text{ам}}$	2602,74
Отчисления во внебюджетные фонды	$З_{\text{соц}}$	13718
Прочие расходы	$З_{\text{проч}}$	6286,5
Итого:		71754

Общая сумма бюджета затрат для реализации проекта составила 71754 рубля.

4.4. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат научного исследования (см. табл. 9). Для этого наибольший интегральный показатель реализации

технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения.

Интегральный финансовый показатель разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}} = \frac{\Phi_p}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (39)$$

где $I_{\text{финр}}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_p – стоимость i -го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Максимальная стоимость составляет 80000 рублей, таким образом:

$$I_{\text{финр}} = \frac{71754}{80000} = 0,9$$

Оценка научной ценности, технической значимости и эффективности проекта производится с помощью расчета коэффициента научно-технического уровня. Расчет коэффициента производится методом балльных оценок, суть которого состоит в присвоении каждому из признаков научно-технического уровня определенного количества баллов по принятой шкале. Общую оценку можно сделать, просуммировав количество баллов по всем признакам с учетом весовых характеристик:

$$\text{НТУ} = \sum_{i=1}^n k_i * \Pi_i, \quad (40)$$

где k_i – весовой коэффициент i – го признака;

Π_i – количественная оценка i – го признака.

Расчет оценок НТУ приведен в таблице 10.

Таблица 21 – Расчет оценок НТУ

Критерий	Весовой коэффициент параметра	Оценка выполнения
----------	-------------------------------	-------------------

1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,3	5
2. Функциональная мощность	0,15	4
3. Соответствие стандартам	0,20	5
4. Удовлетворение требованиям заказчика	0,35	5
ИТОГО	1	

$$НТУ = 5*0,3+4*0,15+5*0,2+5*0,35= 4,85;$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки ($I_{исп}$) определяется на основании НТУ и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп} = \frac{НТУ}{I_{финр}} \quad (41)$$

$$I_{исп} = \frac{4,85}{0,9} = 5.4$$

По полученному значению интегрального показателя эффективности исполнения разработки можно сделать вывод, что данное исследование имеет сравнительно высокую значимость теоретического и практического уровня. Это говорит о том, что результат выполнения работы можно считать положительным.

Результатом научно-исследовательской работы являются алгоритмы расчёта несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках. Данный проект предполагает получение экономической, социологической и ресурсной эффективности. Фактором эффективности разработки является возможность более качественного и быстрого конструирования и возведения свайного фундамента.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8Б51	Батысову Евгению Станиславовичу

Школа	ИИШТР	Отделение (НОЦ)	Информационных технологий
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	Прикладная математика и информатика

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Рабочий процесс был посвящен разработке алгоритмов расчёта несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках. Данные алгоритмы в дальнейшем могут использоваться в различных компаниях, работа которых может быть связана с конструированием и строительством свайных фундаментов. Место эксплуатации – офисное помещение, лаборатория.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	Отражены правовые нормы трудового законодательства и организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.
2. Производственная безопасность 2.1. Анализ опасных и вредных производственных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения 2.2. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя	В результате выполнения работы не были выявлены вредные факторы. Возможные опасные факторы: поражение электрическим током; пожаро- и взрывоопасность. Для работы были использованы такие законодательные и нормативные документы, как: СанПин и ГОСТ. Определены основные мероприятия для защиты работников от вредных и опасных факторов производственной среды и трудового процесса.
3. Экологическая безопасность	Рассмотрено влияние объекта исследования на окружающую среду, определены методы минимизации ущерба окружающей среде.
4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях	Наиболее вероятная чрезвычайная ситуация -это пожар. Для предупреждения возникновения ЧС необходимо соблюдение правил ГОСТ 12.1.004-91 «Пожарная безопасность».

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева Ирина Леонидовна			

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Б51	Батясов Евгений Станиславович		

5. Социальная ответственность

Введение

Целью настоящей работы является разработка алгоритмов расчёта несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках. Данные алгоритмы позволят сэкономить время при конструировании и строительстве свайных фундаментов.

В ходе разработки системы выполнялся анализ предметной области, поиск аналогов, изучалась нормативная документация, которая строго регламентирует как проектирование свайных фундаментов, так и особенности его обустройства на участке с тем или иным рельефом. Также разрабатывались математические модели для проверки работоспособности алгоритмов.

Решение проблемы социальной ответственности состоит в обеспечении нормальных условий деятельности людей, в защите человека и окружающей его среды (производственной, природной, городской, жилой) от воздействия вредных факторов, превышающих нормативно-допустимые уровни. Поддержание оптимальных условий деятельности и отдыха человека создает предпосылки для высокой работоспособности и продуктивности. Обеспечение безопасности труда и отдыха способствует сохранению жизни и здоровья людей за счет снижения травматизма и заболеваемости.

Основная работа производится в закрытом помещении (изучение требований нормативной документации, разработка и реализация алгоритмов) за ПЭВМ. В связи с этим в разделе «Социальная ответственность»

рассматриваются вредные и опасные производственные факторы, которые могут встретиться при выполнении НИР, а также способы их устранения.

5.1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

К правовым нормам относятся: соблюдение работодателем и рабочим законов и должностных инструкций.

К организационным мероприятиям относятся:

- подготовка рабочего места;
- допуск к работе;
- проведение инструктажа (целевого, повторного, первичного, внепланового);
- надзор во время работы;
- организация перерывов в работе и окончания работы.

Правильная эргономика рабочего места является важнейшим звеном в организации рабочего процесса. Она создает условия для высокопроизводительной и безопасной работы.

Рациональная эргономика рабочего места должна удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечение условий производительной работы при максимальной экономии сил и рабочего времени;
- рациональное и экономное использование производственной площади;
- обеспечение условий для удобства обслуживания рабочего места;
- строгое соблюдение правил и требований охраны труда и техники безопасности.

В зависимости от типа предприятия выбирается режим работы. В главе 17 ТК РФ перечислены существующие виды режимов рабочего времени, которые могут действовать на предприятиях:

- нормированный 8-ми часовой рабочий день;

- ненормированный рабочий день;
- трудовая деятельность в режиме гибкого графика;
- работа по сменам;
- суммированный учет отработанного времени;
- трудовая деятельность с возможностью разделения рабочего дня на части.

К организационным вопросам обеспечения безопасности можно так же отнести следующее:

- все эксплуатируемые электроустановки должны соответствовать требованиям «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей», и др. нормативных документов.
- эксплуатация электрооборудования без заземления не допускается.
- помещения обеспечиваются первичными средствами пожаротушения согласно действующим нормам.
- все работники должны уметь пользоваться средствами пожаротушения и уметь оказывать первую помощь при несчастном случае.
- не допускается загромождения рабочих мест, проходов, выходов из помещений и здания, доступа к противопожарному оборудованию.

5.2. Производственная безопасность

Производственные факторы, приводящие к ухудшению здоровья, классифицируются как опасные, а приводящие к заболеванию организма или снижению работоспособности – вредные.

Основные элементы производственного процесса, формирующие опасные и вредные факторы при камеральных работах в данном помещении описаны в таблице 22 в соответствии с ГОСТ 12.0.003-2015 [13].

Таблица 22 – Основные элементы производственного процесса,

формирующие опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке алгоритмов расчёта несущей способности свай.

Наименование видов работ	Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
1	2	3	4
Поиск и анализ составление отчёта	1. Отклонение и показателей микроклимата в помещении; 2. Недостаточная освещенность рабочей зоны; 3. Степень нервно-эмоционального напряжения.	1.Электрический ток; 2.Пожарная опасность. *	ГОСТ 12.1.019 -79 [2]. ГОСТ 12.1.038-82 [3]. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [4]. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [5]. СанПиН 2.2.4.548-96 [6]. N 123-ФЗ [7]. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение [8].

*Примечание: пожарная опасность описана в пункте 4, как ЧС

5.3. Анализ опасных и вредных производственных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

1. Состояние воздушной среды производственного помещения характеризуется следующими показателями: температурой, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, интенсивностью теплового излучения от нагретой поверхности.

Отклонение микроклимата в помещениях оказывает очень заметное воздействие на организм человека, ухудшается работоспособность, замедляется мыслительная деятельность, рассеивается внимание. К тому же это приводит к различным заболеваниям, как к простудным, так и к сердечно-сосудистым.

Нормы производственного микроклимата в помещении установлены системой стандартов, норм и правил безопасности труда [18, 21]. Они едины для всех производств и всех климатических зон с некоторыми незначительными отступлениями.

В помещениях должны обеспечиваться оптимальные параметры микроклимата, которые приведены в таблице 23. Фактические значения определялись исходя от категории интенсивности энергозатрат организма. Данная работа соответствует категории работ Ia. Ia – категория работ, производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (интенсивность энергозатрат до 139 ккал/час).

Таблица 23 – Оптимальные, допустимые и фактические нормы микроклимата в рабочей зоне производственных помещений (согласно СанПин 2.2.4.548-96) [18].

Период года	Категория работ	Температура воздуха, °С			Относительная влажность воздуха, %			Скорость движения воздуха, м/с		
		Факти ч.	Опти м.	Допус т.	Факти ч.	Опти м.	Допус т.	Факти ч.	Опти м.	Допус т.
Холодный	Ia	23	22-24	20-25	55	40-60	15-75	0,1	0,1	0,1
Теплый	Ia	24	23-25	21-28	55	40-60	15-75	0,1	0,1	0,1-0,2

Для поддержания оптимальных микроклиматических условий в помещении в летний период необходимо своевременно, не реже одного раза в сутки, проветривать помещение, проводить влажную уборку. При проведении исследовательских работ и разработки системы в помещении на компьютере с монитора вытирать пыль.

В зимний период, когда окна закрыты и нет естественной вентиляции, необходимы другие мероприятия по проветриванию в рабочей зоне. В зимнее время помещение должно отапливаться.

Вычислительная техника является источником существенных тепловыделений, что может привести к повышению температуры и снижению относительной влажности в помещении. В помещениях, где установлены

компьютеры, должны соблюдаться определенные параметры микроклимата.

Для подачи в помещения воздуха используются системы механической вентиляции и кондиционирования, а также естественная вентиляция.

Подводя итог, можно увидеть, что показатели характеризуют микроклиматические условия как оптимальные, которые при их воздействии на человека в течение рабочей смены обеспечивают оптимальное тепловое состояние организма. В этих условиях напряжение терморегуляции минимально, общие и (или) локальные дискомфортные теплоощущения отсутствуют, что позволяет сохранять высокую работоспособность.

2. Недостаточная освещенность рабочей зоны. Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов. Недостаточная освещенность может возникать при неправильном выборе осветительных приборов при искусственном освещении и при неправильном направлении света на рабочее место при естественном освещении. Оценка освещенности производилась в соответствии с требованиями к освещению [20].

Оценка освещенности рабочей зоны необходима для обеспечения нормативных условий работы в помещениях и проводится в соответствии с СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03 [22]. Нормы естественного и искусственного освещения представлены в таблице 3.

Таблица 24 – Нормы естественного и искусственного освещения [22]

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещенности (Г – горизонтальная, В – вертикальная) и высота плоскости над полом, м	Естественное освещение		Совмещенное освещение		Искусственное освещение		
		КЕО, %		КЕО, %				
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	Освещенность, лк		
						при комбинированном освещении		при общем освещении
						всего	от общего	
Кабинеты, рабочие	Г-0,8	3,0	1,0	1,8	0,6	400	200	300

Для оценки использования естественного света введено понятие коэффициента естественной освещенности (КЕО) и установлены минимальные допустимые значения. КЕО представляет собой отношение естественной освещенности в помещении к одновременно замеренной горизонтальной освещенности на открытом месте, выраженное в процентах.

Для определения КЕО необходимо измерить освещенность в помещении (на рабочем месте) и снаружи в одно и то же время и подсчитать процентное отношение:

$$КЕО = (Ев / Ен) * 100\% \quad (42)$$

По характеристике зрительской работы труд учащихся можно отнести ко второму разряду работы, и при боковом естественном освещении в аудитории, лаборатории на рабочих столах и партах должен обеспечиваться КЕО = 1,5 %.

Таблица 25 – Нормируемые и фактические показатели искусственного освещения [16]

Рабочая поверхность и плоскость нормирования освещенности	Освещенность (при общем освещении), лк		Показатель дискомфорта М, не более		Коэффициент пульсации освещенности, Кп, %, не более	
	Фактическая	Допустимая	Фактический	Допустимый	Фактический	Допустимый
Поверхность-горизонтальная. Высота над полом 0,8 м	400	300	40	40	15	15

Исходя из табличных данных, можно сделать вывод о том, что

освещенность соответствует нормативным данным, следовательно, освещение оказывает благоприятное влияние на качество и безопасность рабочего процесса.

3. Нервно-эмоциональное напряжения. При длительной работе с ПК можно заметить симптомы, обусловленные раздражением глаз: покраснение глаз, слезотечение, чувство сухости глаза. Больше всего неприятностей доставляют симптомы зрительной усталости: тяжесть в области век и надбровий, трудности с фокусировкой, затуманивание зрения, иногда слезотечение.

Чтобы избежать таких последствий, необходимо делать перерывы каждые 2 часа.

При непрерывной работе с ПК необходимо выполнять комплекс профилактических мероприятий:

- делать гимнастику для глаз каждые 20-25 минут работы на ПК, а при появлении дискомфорта, выражающегося в быстром развитии усталости глаз, мелькании точек перед глазами и т.п., гимнастика для глаз проводится индивидуально и самостоятельно, независимо от указанного времени;

- для снятия частичного утомления должна проводиться физкультурная зарядка с разного рода упражнениями;

- для снятия общего утомления, улучшения функций нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной систем, а также мышц рук, спины, шеи и ног, следует проводить продолжительную зарядку на все группы мышц, на зарядку следует отвести 15 минут.

5.4. Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя

Негативное воздействие на человека ПЭВМ заключается в том, что к концу рабочего дня операторы ощущают головную боль, резь в глазах, тянущие боли в мышцах шеи, рук, спины, зуд кожи лица. Со временем это приводит к мигреням, частичной потери зрения, сколиозу, кожным воспалениям и т.д.

Результаты показали, что наиболее «рисковыми» пользователями ПЭВМ являются дети и беременные женщины [25].

Санитарно-гигиенические требования к помещениям для эксплуатации ПЭВМ согласно [17] следующие:

1. Рабочие места с ПЭВМ требуется располагать во всех помещениях, кроме подвальных, с окнами, выходящими на север и северо-восток.
2. Отделка помещения полимерными материалами производится только с разрешения Госсанэпиднадзора. В образовательных помещениях запрещается применять полимерные материалы (ДСП, слоистый пластик, синтетические ковровые покрытия и т.д.), выделяющие в воздух вредные химические вещества.
3. Оконные проемы должны иметь регулирующие устройства (жалюзи, занавески). Компьютер нужно установить так, чтобы на экран не падал прямой свет (иначе экран будет отсвечивать, что является вредным для экрана). Оптимальное положение на работе - боком к окну, желательно левым.

Высота рабочей поверхности стола составляет 725 мм. Модульными размерами рабочей поверхности стола для ПЭВМ, на основании которых должны рассчитываться конструктивные размеры, следует считать: ширину 800, 1000, 1200 и 1400 мм, глубину 800 и 1000 мм при нерегулируемой его высоте. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной – не менее 500 мм, глубиной на уровне колен – не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног – не менее 650 мм. Конструкция рабочего стола поддерживает рациональную рабочую позу при работе с ПЭВМ, позволяет изменить позу с целью снижения статистического направления мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения утомления.

Конструкция рабочего стула должна обеспечивать:

1. Ширину и глубину поверхности сиденья не менее 400 мм;
2. Регулировку высоты поверхности сиденья в пределах 400-550 мм и углам наклона вперед до 15° и назад до 5°;
3. Высоту опорной поверхности спинки 30 ± 20 мм, ширину – не менее

380 мм и радиус кривизны горизонтальной плоскости – 400 мм;

4. Угол наклона спинки в вертикальной плоскости в пределах $\pm 30^\circ$;

5. Регулировку подлокотников по высоте над сиденьем в пределах 230 ± 30 мм и внутреннего расстояния между подлокотниками в пределах 350-500 мм.

Клавиатуру следует располагать на поверхности стола на расстоянии 100-300 мм от края, обращённого к пользователю, или на специальной, регулируемой по высоте рабочей поверхности, отделённой от основной столешницы [19].

Для обеспечения оптимальной работоспособности и сохранения здоровья профессиональных пользователей должны устанавливаться регламентированные перерывы в течение рабочей смены. При работе с ПК, пользователь обязан делать перерыв в размере 15 минут каждые 60 минут непрерывной работы. Кроме того, один раз пользователи должны делать специальную зарядку для глаз, чтобы снимать мышечное и нервное напряжение.

Несоблюдение правил, разработанных для пользователей ПК, может привести к повышенной утомляемости у работника, расстройства памяти, головную боль, заболевания глаз и многое другое.

5.5. Экологическая безопасность

Охрана окружающей среды и оценка воздействия на окружающую среду – это выявление, анализ, оценка и учет в проектных решениях предполагаемых воздействий намечаемой хозяйственной деятельности, вызываемых ими изменений в окружающей среде, а также последствий для общества.

Так как сама деятельность по разработке алгоритмов предполагает только работу за компьютером и не несет каких-либо вредных воздействий для окружающей среды, то в данном разделе будет рассмотрено влияние возможных факторов влияния на окружающую среду, связанных с утилизацией вышедшего из строя и непригодного для ремонта оборудования

(комплектующих системного блока, периферийного оборудования: компьютерной мыши, клавиатуры, монитора) или мебели.

Не существует такой компьютерной техники, которая была бы во всех отношениях безопасна для окружающей среды. Выброшенная на свалку техника может нанести непоправимый вред нашей планете. Огромное количество вышедшей из строя или ненужной техники может привести к загрязнению окружающей среды, так как многие компоненты плохо подвергаются или и вовсе не подвержены естественному разложению (различного рода пластмассы). Конечно же, этого не должно произойти. Собственно, утилизация оборудования и дает возможность избавиться от ненужной по различным причинам (устаревание, выход из строя) техники максимально безвредно для окружающей среды путем определенных экологических безопасных методов.

Процесс утилизации, который необходимо провести и важность которого не имеет сомнений, состоит из множества этапов. Вне всяких сомнений, каждый этап утилизации является обязательным. В первую очередь объект, подлежащий утилизации, доставляется на утилизирующее предприятие. Для правильной утилизации необходимо разобрать технику. Кроме процесса разборки, есть еще один очень важный процесс – сортировка. Правильное отделение одних элементов от других является одним из основных этапов и должно выполняться в первую очередь.

Для всех электронных компонентов оснащения обязательно должна быть проведена такая необходимая процедура, какой является процесс аффинажа. Аффинаж – металлургический процесс получения высокочистых благородных металлов путем отделения от них загрязняющих примесей. Именно аффинаж предоставляет возможность осуществить очищение тех самых драгметаллов, которые находятся в составе оборудования. По закону процесс аффинажа является необходимым. Драгоценные металлы по окончании процесса проведения аффинажа необходимо передать в Госфонд.

5.6. Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайная ситуация (ЧС) – состояние, при котором в результате возникновения источника техногенной ЧС на объекте, определенной территории нарушаются нормальные условия жизни и деятельности людей, возникает угроза их жизни и здоровью, наносится ущерб имуществу населения, хозяйственной деятельности и окружающей среде.

Одними из наиболее вероятных и разрушительных видов ЧС являются пожар на рабочем месте. Пожарная безопасность представляет собой единый комплекс организационных, технических, режимных и эксплуатационных мероприятий по предупреждению пожаров и взрывов.

Пожарная безопасность – состояние объекта, при котором исключается возможность пожара, а в случае его возникновения предотвращается воздействие на людей опасных его факторов и обеспечивается защита материальных ценностей.

Пожар на предприятиях чаще всего возникают из-за несоблюдения правил пожарной безопасности рабочими и инженерно-техническим персоналом. Наиболее часто пожары возникают из-за короткого замыкания в электропроводах.

Здание, в котором располагается аудитория по пожарной опасности относится к категории В – производства, связанные с обработкой или применением твердых сгораемых веществ и материалов (компьютерная техника, предметы мебели).

Условия развития пожара в зданиях и сооружениях во многом определяются степенью их огнестойкости. Степенью огнестойкости называется способность здания в целом сопротивляться разрушению при пожаре. Здания и сооружения по степени огнестойкости подразделяются на пять степеней. Степень огнестойкости здания зависит от возгораемости и огнестойкости основных строительных конструкций и от пределов распространения огня по этим конструкциям.

Степень огнестойкости здания II согласно [24]. Основные части зданий I, II степени огнестойкости являются несгораемыми и различаются только пределами огнестойкости строительных конструкций. В зданиях II степени максимальный предел распространения огня, составляющий 40 см, допускается только для внутренних несущих стен (перегородок). Для тушения загораний и пожаров в начальной стадии их развития предназначены огнетушители.

Пожароопасность, главным образом, представлена оголенными токоведущими частями электропроводки, коротким замыканием проводки, перегрузки электросети, статическим электричеством. Возможными причинами возникновения пожара могут быть: неправильное устройство и эксплуатация отопительных систем (использование обогревателей), неисправность вентиляционных систем, неосторожное обращение с огнем персонала и т.д.

В исследуемом помещении должны быть обеспечены следующие средства противопожарной защиты:

- «План эвакуации людей при пожаре»;
- Памятка соблюдения правил техники пожарной безопасности;
- Системы вентиляции для отвода избыточной теплоты от ЭВМ;
- Углекислотный огнетушитель (ОУ-3-ВСЕ);
- Система автоматической противопожарной сигнализации.

Вывод по разделу «Социальная ответственность»

В заключение всего вышеперечисленного хочется отметить основную задачу, поставленную данным разделом, – формирование у индивида социальной ответственности перед другими людьми и окружающей его средой обитания, а также необходимости выполнения всех возможных мероприятий, ведущих к улучшению условий окружающего мира.

Основным преимуществом разработки алгоритмов расчёта несущей

способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках является экономия времени рабочего персонала, занимающегося конструированием и строительством свайных фундаментов.

Специальная оценка условий труда – это своеобразный аудит в сфере пожарной безопасности. Рабочее место не может быть аттестовано, если на нем не обеспечены требования охраны труда и не выполнены требования нормативных актов в этой сфере деятельности.

Проанализировав условия труда на рабочем месте, где производилась работа над НИР, можно сделать вывод, что помещение удовлетворяет всем нормативным требованиям. Микроклиматические условия характеризуются как оптимальные, при их воздействии на человека в течение рабочей смены, обеспечивается оптимальное тепловое состояние организма. Освещенность соответствует необходимым нормам, следовательно, оно оказывает благоприятное влияние на качество и безопасность рабочего процесса.

Как итог проделанной работы по разделу «Социальная ответственность» можно отметить следующее:

- выявлены и описаны вредные и опасные факторы, возникающие на производстве;
- указаны методики и средства борьбы с этими факторами;
- рассмотрена социальная ответственность предприятия, указаны пагубные воздействия на окружающую среду;
- описаны возможные ЧС и меры по их предупреждению и оповещению;
- отражены правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности рабочего персонала.

Заключение

В рамках выпускной квалификационной работы были разработаны алгоритмы расчёта несущей способности свай при вертикальных и горизонтальных нагрузках, которые будут применяться в автоматизированной системе. Они позволяют рассчитать несущую способность свай с круглыми и прямоугольными сечениями.

Благодаря тому, что проект разрабатывается для нефтегазовой компании, где более строгие правила к проектированию фундаментов, расчёты подразумевают более точное вычисление. Поэтому при расчёте имеется возможность определять несущую способность для районов Среднего Приобья, где грунты имеют высокий показатель текучести, а также возможность одновременно учесть в исходных данных насыпь, лидерную скважину и болото.

Основным преимуществом разработанных алгоритмов является экономия времени рабочего персонала, занимающегося конструированием и строительством свайных фундаментов, а также минимизирование полученных ошибок при расчётах.

В будущем планируется разработка автоматизированной системы с применением данных алгоритмов, где задачей пользователя будет только ввести исходные данные.

Список использованных источников

1. СНиП 2.03.03–85 Строительные норма и правила: НИИОСП Госстроя СССР, 1985. – 141 стр.
2. СП 24.13330.2011 Свайные фундаменты: ОАО НИЦ Строительство, 2011. – 85 стр.
3. Основания, фундаменты и подземные сооружения: Справочник проектировщика. / Под ред. Е. А. Сорочана, Ю. Г. Ирофименкова. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 стр.
4. Цытович Н. А. Механика грунтов. – М.: Госстройиздат, 1983.
5. ГОСТ 25100–82. Грунты. Классификация. – М.: Стройиздат 1983.
6. Далматов Б. И. Механика грунтов, основания и фундаменты. Л.: Стройиздат, 1988.
7. СНиП 2.03.01–84 Бетонные и железобетонные конструкции. М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 64 стр.
8. Microsoft Руководство по .NET. [Электронный курс] Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/standard>.
9. Microsoft Руководство по языку C#. [Электронный курс] Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/dotnet/csharp>.
10. Кондратьева М.Н. Экономика и организация производства: учеб. пособие - Ульяновск: УлГТУ, 2013. – 98 с. 18.
11. Фатхутдинов Р.А. Производственный менеджмент: Учебник для вузов. 6-е изд. – СПб.: Питер, 2008. – 496 с. 19.
12. Приложение об окладах по новой системе оплат труда с 01.10.2013 -ТПУ. – 5 с. 20. СанПиН 2.2.4.548-96.
13. ГОСТ 12.0.003-2015 ССБТ. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация.
14. ГОСТ 12.1.019-2009 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты. – М.: Стандартиформ, 2010 – 32 с

15. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. – М.: Госстандарт СССР, 1983. – 7 с;
16. СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 2003 – 26 с.
17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы. – М.: Минздрав России, 2003 – 56 с.
18. СанПин 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. – М.: Минздрав России, 1997 – 14 с.
19. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 № 197-ФЗ (ред. от 28.12.2013) // Собрание законодательства Российской Федерации. - 07.01.2002. - Ч. 1. - Ст. 3.
20. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Министерство регионального развития Российской Федерации, 2011.
21. ГОСТ 12.1.005-88 Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Госстандарт СССР, 1989 – 49 с.
22. СанПин 2.2.1/2.1.1.1278-03 Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещенному освещению жилых и общественных зданий. – М.: Минздрав России, 2003.
23. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление. – М.: Госстандарт СССР, 1982 – 10 с.
24. Федеральный закон от 22.07.2008 N 123-ФЗ (ред. от 02.07.2013) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности".
25. ТОИ Р-45-084-01 Типовая инструкция по охране труда при работе на персональном компьютере. - М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002.

Приложение А

Листинг основных модулей программы

```
using System;
using System.Collections.Generic;
using System.Runtime.CompilerServices;
using TomskNipi.Pile.MathCore.Model.SinglePileCalculationWithHorizontalLoads;
using TomskNipi.Pile.MathCore.Model;
using TomskNipi.Pile.MathCore.Interface;

[assembly: InternalsVisibleTo("TomskNipi.Pile.Test")]

namespace TomskNipi.Pile.MathCore.Calculator.SinglePileCalculationWithHorizontalLoads
{
    internal class SquareReinforcedPileLoadBearingCapacityCalculator : ICalculator<
        SquareReinforcedPileLoadBearingCapacityInputModel, LoadBearingCapacityOutputModel>
    {
        /// <summary>
        /// Вычислить глубину заложения сваи, м
        /// </summary>
        /// <param name="l">Длина сваи, м</param>
        /// <param name="h">Глубина болота, м</param>
        /// <param name="l0">Свободная длина сваи, м</param>
        /// <returns>Глубина заложения сваи, м</returns>
        private double PileDepth(double l, double h, double l0) => l - (h + l0);

        /// <summary>
        /// Вычислить условную ширину сваи, м
        /// </summary>
        /// <param name="d">Диаметр сечения сваи, м</param>
        /// <returns>Условная ширина сваи, м</returns>
        private double PileWidth(double d) => d >= 0.8 ? d + 1 : 0.5 * (3 * d + 1);

        /// <summary>
        /// Вычислить момент инерции поперечного сечения сваи, м4
        /// </summary>
        /// <param name="d">Диаметр сечения сваи, м</param>
        /// <param name="t">Толщина стенки сваи, м</param>
        /// <returns>Момент инерции поперечного сечения сваи, м4</returns>
        private double MomentInertia(double d, double t)
            => (Math.PI * (Math.Pow(d, 4) - Math.Pow(d - 2 * t, 4))) / 64;

        using TomskNipi.Pile.MathCore.Interface;
        using TomskNipi.Pile.MathCore.Exception;
        using TomskNipi.Pile.MathCore.Model;

        namespace TomskNipi.Pile.MathCore.Calculator
        {
            public class LinearRegressorCalculator : ICalculator<LinearRegressorCalculatorModel, double>
            {
                /// <summary>
                /// Промежуточное значение между двумя известными точками методом линейной интерполяции
                /// </summary>
                /// <param name="inputData">Входная модель</param>
                /// <returns>Значение в произвольной точке</returns>
                public double Calculate(LinearRegressorCalculatorModel inputData)
                {
                    var beginSample = inputData.BeginPoint;
                    var endSample = inputData.EndPoint;
                    var x = inputData.X;
                }
            }
        }
    }
}
```

```

        if (x < beginSample.X || x > endSample.X)
        {
            throw new LinearRegressorCalculatorException("Параметр X лежит вне диапазона
BeginPoint и EndPoint",
                null);
        }

        return beginSample.Y + (endSample.Y - beginSample.Y) * (x - beginSample.X) /
(endSample.X - beginSample.X);
    }
}

using NUnit.Framework;
using TomskNipi.Pile.MathCore.Calculator.SinglePileCalculationWithHorizontalLoads;
using TomskNipi.Pile.MathCore.Model.SinglePileCalculationWithHorizontalLoads;

namespace TomskNipi.Pile.Test.SinglePileCalculationWithHorizontalLoads
{
    /// <summary>
    /// Unit-тестирование
    /// </summary>
    [TestFixture]

    public class MetallicPipePileLoadBearingCapacityCalculatorTests :
SinglePileCalculationWithHorizontalLoadsTestFixture
    {
        private readonly MetallicPipePileLoadBearingCapacityCalculator _calculator =
            new MetallicPipePileLoadBearingCapacityCalculator();

        [Test]

        public void TestIt()
        {
            var inputModel = new MetallicPipePileLoadBearingCapacityInputModel
            {
                AddidtionalDataModel = AddidtionalDataModel,
                CalculationCoeffs = CalculationCoeffs,
                LoadsParameters = LoadsParameters,
                Pile = MetallicPipePile,
                Soillayers = Soillayers
            };

            var expectedOutModel = MetallicPiperPileCalculationOut;
            var outModel = _calculator.Calculate(inputModel);

            AssetLoadBearingCapacityOutputModel(outModel, expectedOutModel);
        }
    }
}

```