



# УРАЛЬСКИЙ ДОРОЖНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР

Общество с ограниченной ответственностью  
«Уральский дорожный научно-исследовательский центр»  
ОКПО 46658029, ОГРН 1169658011313, ИНН 6658482266/КПП 665801001  
Р/с 40702810702400000738 в Ф-ле Западно-Сибирский ПАО Банка «ФК Открытие» БИК 047162812  
620014, г. Екатеринбург, ул. Юмашева, д. 7, тел. (343) 319-58-08,  
E-MAIL: URALDORNAUKA@YANDEX.RU

№ \_\_\_\_\_

## О Т З Ы В

на автореферат диссертации

Викулова Владимира Михайловича

«Повышение эффективности усиления гибких подпорных сооружений на  
основе оптимизации способа заложения анкерной крепи».

Специальность 25.00.22 «Геотехнология (подземная, открытая и строительная)»

Подпорные сооружения являются важными и ответственными инженерными сооружениями объектов подземной, открытой и строительной геотехнологии. Они необходимы для проектирования и строительства подземных сооружений в промышленном, гражданском и транспортном строительстве, особенно в стесненных условиях, при укреплении подземных объектов, возводимых открытым способом. Проблема повышения качества и надежности этих сооружений, а также ресурсосбережение и экономичность при их возведении является важной научно-технической и народно-хозяйственной задачей, что обуславливает актуальность выбранной темы исследований. Грунтовые анкеры являются неотъемлемой частью системы крепления гибких подпорных сооружений.

Объектами исследований служили восходящие анкерные конструкции, представляющие собой оттяжки, закрепляемые на массивных железобетонных упорах, расположенные на поверхности за пределами возможной призмы обрушения. Предмет исследований – параметры анкерной крепи, характеризующие несущую способность и деформативность восходящей

анкерной конструкции. Целью диссертационной работы являлось научное обоснование повышения надежности конструкций анкерного крепления и обеспечения прочности и устойчивости подпорных сооружений.

В результате выполненного исследования установлены закономерности формирования дополнительных удерживающих сил в призме обрушения, на основе повышения эффективности анкерного крепления, за счет оптимизации угла установки восходящих анкеров относительно поверхности скольжения призмы обрушения.

В ходе проведенных исследований:

- определены основные направления совершенствования анкерных конструкций на основе теоретических исследований и оптимизации параметров восходящей анкерной крепи;

- проведена оценка работоспособности и построение расчетно-аналитической модели восходящей анкерной конструкции на основе анализа свайной крепи котлована, усиленной многоярусной системой восходящих анкеров для неоднородного массива грунта;

- произведено численное моделирование работы восходящих анкерных конструкций при оценке геотехнологического риска в расчете нагрузок и определении оптимальной точки заложения упорной анкерной плиты;

- получены экспериментальные зависимости, позволяющие с достаточной надежностью устанавливать оптимальные значения усилий натяжения анкеров для получения ожидаемых и нормативно допустимых величин поэтапных смещений подпорной стены котлована;

- выполнена оценка экономической эффективности применения восходящей анкерной конструкции, учитывающая влияние оптимизации способа заложения анкерной крепи.

Достоверность научных результатов, выводов и научно-технических рекомендаций подтверждается корректностью постановки цели и задач исследований, нормативно обоснованной адекватностью методики анализа ограждения котлована, усиленного восходящей анкерной крепью, применением апробированных подходов к решению задач в рамках теории предельного

равновесия, высокой точностью оценки параметров надежности и устойчивости анкерных конструкций при оптимальном способе их заложения.

Для реализации работы применялись следующие объективные методы исследований: аналитический расчет ограждения котлована, основанный на теории предельного равновесия; вероятностно-статистические методы математического анализа зависимости параметров восходящей анкерной крепи от геологических условий; имитационное моделирование при расчете нагрузок и ширины зоны воздействия призмы сдвига; комплексный расчет прочности ограждения котлована усиленного многоярусной системой восходящих анкеров, построенный на основе численного решения задачи упругого изгиба стены методом конечных элементов.

Научная новизна результатов исследований сформулирована тремя положениями:

1. Установлена закономерность формирования дополнительных удерживающих сил, компенсирующих формирование сдвигающих сил в призме обрушения, на основе активного усиления свайного ряда и оптимизации угла установки восходящих анкеров.
2. Анализ теоретических и вероятностно-статистических исследований показал, что, не превышая предела продуктивного нагружения анкера с достаточной надежностью, можно скорректировать оптимальное значение предварительного натяжения для прогнозируемого значения горизонтального перемещения, используя уравнения зависимости, полученные по результатам тренд - анализа графика функции  $N_{anc} = f(U_y)$ , соответствующего яруса анкеров.
3. На основе методики имитационного моделирования создана машинно-ориентированная процедура, позволяющая осуществить оперативный вероятностный анализ сложившейся ситуации и сделать выбор оптимальной точки заложения опорной анкерной плиты с учетом категорий риска, что на практике позволит своевременно принимать меры для преодоления неблагоприятных тенденций в процессе строительства и снижения остаточных рисков.

Практическая значимость работы заключается в обосновании параметров надежности работы восходящей анкерной конструкции, позволяющей в условиях активного усиления свайного ряда предотвратить образование сдвигающих сил на поверхности скользяния призмы обрушения. Тем самым появляется практическая возможность устранить необратимые деформации ограждений и соответственно осадки сооружений, находящихся в зоне влияния возводимых котлованов. На основе анализа конструктивного решения восходящей анкерной крепи установлен значительный резерв несущей способности замково-опорного узла, обусловленный вовлечением в работу массива грунта, расположенного за пределами призмы обрушения. Реализация восходящих анкеров обеспечивает достоверность контроля технического состояния замковой части анкера и вместе с тем своевременное упреждение аварийных ситуаций.

Оценка экономической эффективности применения разработанной восходящей анкерной конструкции показала уменьшение затрат на оплату труда за счет повышения механизации работ и уменьшения объема ручного труда. Расчетный экономический эффект от применения восходящей анкерной конструкции составляет 120 425 рубля, в ценах 2021 г., снижение затрат труда рабочих-строителей – 24,83 чел.-час, из расчета на один установленный анкер, общей длиной 10 м. Экономический эффект достигается за счет оптимизации способа заложения анкерной крепи.

Применение разработанной технологии позволяет исключить процесс первичного и вторичного нагнетания цементного раствора в скважину, и, как следствие, снизить объем и стоимость работ, а также объем и стоимость эксплуатации машин, механизмов и средств малой механизации. В отличие от грунтовой анкерной конструкции, восходящая анкерная крепь значительно упрощает и ускоряет производство строительного-монтажных работ по возведению ограждения котлована, за счет применения сборных анкерных плит и установки опорно-замковых узлов в сравнительно короткий период времени. В итоге снижается стоимость строительства подземного сооружения и срок окупаемости инвестиций.

Методы расчета ограждений котлованов, усиленных многоярусной системой восходящих анкеров на основе комплексного детерминированного и численного расчетов, используются при подготовке специалистов на кафедре шахтного строительства в Уральском государственном горном университете (УГГУ). Методики статического и имитационного моделирования по категориям геотехнологического риска апробированы в ряде проектных и научно-исследовательских организаций. По результатам исследований опубликовано 8 научных работ, в том числе 4 – в изданиях, рекомендованных ВАК.

В автореферате не указаны данные о патентоспособности разработки, однако это не умаляет значимость работы.

Таким образом, диссертационная работа **Викулова Владимира Михайловича** актуальна, обладает научной новизной и имеет большое практическое значение, соответствует требованиям ВАК Минобрнауки РФ (п. 9 Положения о присуждении ученых степеней). **Викулов Владимир Михайлович** заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная).

Генеральный директор  
ООО «УралДорНИЦ»  
д-р техн. наук, проф.

В. Н. Дмитриев