

**ОТЗЫВ**  
официального оппонента на диссертацию  
**Дрипана Павла Сергеевича**  
**«Обоснование безклеевого способа установки анкеров в горных  
выработках динамической нагрузкой»,**  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук  
по специальности 25.00.22 –Геотехнология  
(подземная, открытая и строительная)  
(технические науки)

**Актуальность избранной темы**

Вопросы, связанные с применением анкерного крепления в настоящее время являются актуальными. Это относится не только к использованию анкерной крепи в качестве основной, но и комбинированной анкер-металлической, рамно-анкерной и временной крепи, а также локального ее применения для повышения устойчивости отдельных участков горного массива (усиления) и даже непосредственно на краевых участках угольного пласта. Одним из перспективных направлений повышения устойчивости горного массива вокруг горной выработки на угольных шахтах является переход от установки анкерной крепи позади забоя выработки к установке анкерной крепи сразу после выемки породы в забое. Применение данной технологии позволяет повысить безопасность работ в забое выработки, снизить затраты на поддержание выработок.

На шахтах Донбасса наибольшее распространение получили сталеполимерные анкеры. При этом, до 40% затрат на установку таких анкеров приходится на стоимость ампул с полимерной смолой, с помощью которых они закрепляются в шпурах. Задача, поставленная автором, по снижению стоимости возведения анкеров и разработке конструкций и технологий их возведения безклеевым способом, является актуальной.

Автор, в **первой главе «СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЙ»** выполнил достаточно квалифицированный анализ состояния горных выработок в угольной промышленности, существующих способов и конструктивных решений по анкерному креплению выработок, а также краткий анализ исследований напряженно-деформированного состояния при анкерном креплении породных массивов.

Проблема обеспечения устойчивости горных выработок приобретает в настоящее время особое значение. С увеличением глубины разработки возрастает горное давление, что в свою очередь негативно сказывается на состоянии крепи в горных выработках. Одним из перспективных направлений решения этой сложной задачи является применение анкерных систем при проведении и поддержании горных выработок. Это позволяет повысить безопасность работ, особенно это важно для забойной части выработок, сократить время возведения крепи, обеспечив высокую степень механизации, снизить материалоемкость, трудоемкость и аэродинамическое сопротивление выработок, увеличить темпы проведения.

На угольных шахтах развитых угледобывающих стран анкерная крепь уже несколько десятилетий является наиболее распространенной конструкцией в выработках (объемы применения достигают 90 %). На шахтах же Донбасса доля ее применения не превышает 2 %. Несмотря на многообразие способов установки, и конструкций анкеров, наибольшее распространение получили сталеполимерные анкера, закрепляемые в породах быстротвердеющими материалами на основе цемента или синтетическими смолами. При этом, затраты на ампулы для закрепления анкеров доходят до 55 % от стоимости материалов.

В «ДОННТУ» запатентован способ установки стального анкера динамической нагрузкой в направляющий шпур меньшего диаметра. В научно-технической литературе подобных исследований и разработок не обнаружено.

Наиболее близкой к решению рассматриваемой задачи является теория расчета параметров при забивании свай в грунт. Однако, она не учитывает контактную нагрузку, не позволяет рассчитать напряжения, возникающие в месте контакта сваи с грунтом, не учитывает влияние волновых процессов на изменение напряженно-деформированного состояния системы. Это не позволяет рассчитать необходимые для установки анкера в породу динамические усилия, выбрать требуемое оборудование, оценить устойчивость самого анкера и системы «анкер – породный массив».

На основании обзора состояния вопроса в диссертационной работе правильно формулируются выводы, цель, задачи и методы выполнения исследований.

**Вторая глава «ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗМЕНЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМЫ «АНКЕР – ПОРОДНЫЙ МАССИВ» И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЕ ПАРАМЕТРОВ»** посвящена оценке НДС элементов системы «породный массив – анкер».

Первоначально в работе разработана математическая модель, оценивающая устойчивость анкера на начальном этапе его установки в зависимости от его геометрических размеров. Затем, описания изменений НДС в системе «анкер – породный массив» при дальнейшей установке анкера в направляющий шпур, разработана модель, позволяющая оценить необходимые для этого нагрузки, установить напряжения и деформации в анкере и породах с учетом сопротивлений движению анкера в продольном направлении, трения по его боковой поверхности и волновых процессов.

Для разработанных математических моделей выполнены расчеты при различных значениях, выделенных автором, основных безразмерных влияющих факторов: отношение диаметров анкера и шпура  $d_a/d_w$ ; отношение модулей упругости пород и материала анкера  $E_n/E_a$  и отношение длины анкера к его диаметру  $l_a/d_a$ . Пределы их изменения приняты исходя из реальных значений размеров применяемых анкеров, механических свойств анкеров и пород.

Результаты расчетов обработаны с помощью пакета прикладных программ «Statistika» и представлены в виде поверхностей, описывающих изменение времени установки анкера, динамической нагрузки и максимальных динамических напряжений, возникающих в анкере и породах, от выше указанных параметров.

В третьей главе «ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ НАГРУЗОК ПРИ УСТАНОВКЕ И ИЗВЛЕЧЕНИИ АНКЕРОВ В ХОДЕ РЕАЛИЗАЦИИ ПРЕДЛОЖЕННОГО СПОСОБА», экспериментально определялись параметры способа, обеспечивающие устойчивость элементов системы «анкер – породный массив». Для этого использовался метод физического моделирования. Так как, при выполнении эксперимента имело место перекрестное влияние исследуемых факторов, проводился полный факторный эксперимент.

Сначала исследовался процесс закрепления анкера статической нагрузкой, создаваемой гидравлическим прессом, в моделях из реальных пород, на заданную глубину. Затем, аналогичные исследования проводились с помощью динамической нагрузки. Определялась глубина установки анкеров и необходимое для этого время. Далее, определялась нагрузка, необходимая для преодоления сил трения, при извлечении ранее установленных в породу анкеров.

В четвертой главе «ШАХТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ СПОСОБА ПРИ УСТАНОВКЕ И ИЗВЛЕЧЕНИИ АНКЕРОВ» определены время установки анкеров и нагрузка, необходимая для преодоления сил трения при их извлечении. Выполненные исследования подтвердили техническую возможность реализации способа закрепления анкера. Установлены зависимости, описывающие изменение времени установки анкеров, а также нагрузок, необходимых для преодоления сил трения при их извлечении, от влияющих факторов.

В пятой главе «РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ РЕАЛИЗАЦИИ СПОСОБА И МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЕГО ПАРАМЕТРОВ» произведена проверка сходимости результатов теоретических, лабораторных и шахтных исследований, разработана технология реализации способа и методика расчета его параметров.

Выполнено сравнение результатов теоретических, лабораторных и шахтных исследований, которое показало, что максимальное расхождение по всем параметрам способа, не превышает 30 %.

С учетом требований ПБ и ПТЭ автором разработана технология реализации способа установки анкера и «Методика определения параметров анкеров, устанавливаемых с помощью динамической нагрузки в направляющий шпур с диаметром меньшим, чем у анкера».

Рассчитан ожидаемый экономический эффект от внедрения предлагаемого способа установки в сравнении с установкой

сталеполимерных анкеров по прямым нормируемым затратам. Он составляет 205,28 руб. для анкера длиной 1,5 м.

В результате выполненных исследований автором диссертационной работы вынесены на защиту следующие научные положения, обладающие достаточной обоснованностью и научной новизной:

1. Доказано, что устойчивость сплошного металлического анкера диаметром 22-30 мм и длиной не более 2,5 м, изготовленного из стали марки Ст 4 и выше, устанавливаемого в направляющий шпур меньшего диаметра (коэффициент натяга 1,1-1,3) обеспечивается под действием нагрузки до 100 кН с коэффициентом динамичности, равным двум;

2. Теоретически установлена и экспериментально подтверждена возможность установки сплошного металлического анкера динамической нагрузкой с энергией удара 45 Дж в направляющий шпур меньшего диаметра (коэффициент натяга 1,1-1,2), пробуренный на глубину до 1,5 м в породы с прочностью на одноосное сжатие от 20 до 50 МПа. При этом обеспечивается устойчивость горных пород и анкера, его несущая способность составляет от 50 до 150 кН, а время установки – не более 200 с.

#### **Научная новизна полученных результатов.**

1. Впервые установлены закономерности и зависимости, описывающие изменение критической нагрузки и эквивалентных напряжений на начальном этапе установки анкера с диаметром большим, чем у направляющего шпура в породный массив под действием статической или динамической нагрузки, учитывающие механические свойства пород и материала анкера, его геометрические размеры, гибкость и глубину закрепления, что позволило обосновать параметры анкера, обеспечивающие его устойчивость.

2. Впервые установлены закономерности, описывающие изменение напряженно-деформированного состояния анкера с большим диаметром, чем у направляющего шпура, при его закреплении в породном массиве под действием статической или ударной нагрузки, учитывающие геометрические размеры анкера и механические свойства материала, контактное давление, скорость распространения акустических волн, сопротивления перемещению анкера в осевом направлении за счет трения по боковой поверхности, массу анкера и ударного устройства для установки, его скорость движения, коэффициент динамичности статической нагрузки. Это позволило определить напряжения и деформации, возникающие в анкере и породах, время установки анкера в массив, требуемую для этого статическую и динамическую нагрузку, параметры ударного устройства и статическую нагрузку, необходимую для преодоления сил трения при извлечении анкера.

3. Впервые получены зависимости, позволяющие определить изменение статических и динамических нагрузок на анкер при его закреплении в породе, времени его установки, а также статических нагрузок, необходимых для преодоления сил трения при извлечении анкеров, от соотношений: диаметров анкера и направляющего шпура, механических характеристик горной породы и материала анкера, глубины установки анкера и его диаметра. Это позволило подтвердить адекватность разработанных

математических моделей, обосновать область применения способа и его параметры.

С нашей точки зрения, наибольшей научной новизной обладают 2 и 3 пункты из выше перечисленного перечня.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций.**

Выполненные в работе исследования в совокупности можно считать обладающими достаточной обоснованностью и достоверностью, поскольку они обеспечиваются комплексной методикой исследований, включающей в себя органически дополняющие друг друга теоретические и экспериментальные (лабораторные и натурные) исследования, опирающиеся на использование основных положений теории устойчивости и удара двух сопряженных тел с учетом волновых процессов при определении деформаций и напряженно-деформированного состояния (НДС) системы «порода - анкер» при использовании статической и ударной нагрузок, использованием метода многофакторного эксперимента при физическом моделировании в лабораторных условиях, достаточно широким диапазоном и представительным объемом лабораторных исследований, математических методов обработки полученных экспериментальных данных и статистики, результатами исследований в натуральных условиях, удовлетворительной сходимостью результатов теоретических и данных экспериментальных исследований, максимальная погрешность которых не превышает 30 %.

**Практическое значение работы** заключается в разработке математической и физической моделей, описывающих изменение напряженно-деформированного состояния анкера с большим диаметром, чем шпура, а также горных пород с учетом: сопротивлений в продольном направлении, сил трения по боковой поверхности и волновых процессов при установке анкера в шпур статической или динамической нагрузкой, что позволяет выбрать параметры ударного устройства для надежного закрепления породного массива с точки зрения устойчивости. Разработана методика определения параметров способа установки анкеров в направляющий шпур с диаметром меньшим, чем у анкера динамической нагрузкой. Основные выводы и рекомендации диссертационной работы внедрены при разработке «Рекомендаций по поддержанию подготовительных выработок шахт ГУП ДНР «ДУЭК», проводимых в соответствии с программой развития горных работ на 2021 год», а также в учебном процессе при подготовке специалистов 21.05.04 «Горное дело».

**Замечания по Введению:**

1. Во введении следовало сразу четко ограничить область применения разрабатываемого способа установки анкеров.

**Замечания по Главе 1:**

2. В диссертации приводится избыточный объем информации об известных технических решениях по способам установки анкеров в массив, их конструкциях и методиках расчета параметров. Не ясно, зачем это сделано и как это используется в дальнейшем, в работе.

**Замечания по Главе 2:**

3. При решении теоретической задачи, обосновывающей техническую возможность реализации разрабатываемого нового способа установки анкеров в породу динамической нагрузкой, и его параметры автор не учитывает анизотропию свойств массива в направлении установки анкера.

4. Не ясно, как влияют влажность вмещающих пород, время, изменение диаметра направляющего шпура по его длине и т.п. на параметры способа установки.

**Замечания по Главе 3:**

5. В главе приведены многочисленные зависимости, описывающие закономерности изменения искомых параметров способа от влияющих факторов, однако нет полноценного анализа степени их влияния.

**Замечания по Главе 4:**

6. В главе указано, что при определении нагрузок, необходимых для преодоления сил трения при извлечении анкеров, использовалось несколько методик. Однако работе четко не указано какие из результатов получены по той или иной методике, нет их сопоставления.

**Замечания по Главе 5:**

7. Для полноценного завершения работы следовало бы разработать нормативный документ, регламентирующий применение разработанного способа установки анкеров на угольных шахтах.

Таким образом, можно заключить, что представленная к защите диссертационная работа по своей актуальности, научной новизне, практической ценности и достоверности полученных результатов соответствует критериям, установленным в п. 2.2 «Положения о присуждении ученых степеней» (утв. Постановлением Совета Министров Донецкой Народной Республики от 27.02.2015 № 2-13), а ее автор, ДРИПАН ПАВЕЛ СЕРГЕЕВИЧ, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 25.00.22 – Геотехнология (подземная, открытая и строительная), в частности, пп. 8, 13 и 15.

Официальный оппонент

д-р техн. наук, проф.,

директор ГУ «Институт физики

горных процессов» МОН ДНР

83114, г. Донецк, ул. Розы Люксембург

Тел.: (062) 311-52-85

E-mail: [ifgpdnr@mail.ru](mailto:ifgpdnr@mail.ru)



Г.П. Стариков

подпись

Я, Стариков Геннадий Петрович, согласен на автоматизированную обработку моих персональных данных.

Подпись Старикова Геннадия Петровича удостоверяю

*ученик секретарь  
ГУ, ИФГП*

*Оксана*



*Оксана*  
подпись