

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ ГЕОТЕХНИКИ В СТЕНАХ ДОНБАССКОЙ НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ

А. А. Петраков, д.т.н., профессор;

В.В. Яркин, д.т.н., доцент

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка

Аннотация. Обобщены события и факты, освещающие историю возникновения, становления и развития основных научных направлений геотехнической школы Донбасса в стенах Макеевского инженерно-строительного института, а затем ДонГАСА и ДонНАСА. Приводятся общие характеристики основных научных направлений и образовательной деятельности.

Ключевые слова: геотехника, ДонНАСА, научные направления, образовательные программы.



*Петраков
Александр
Александрович*



*Яркин
Виктор
Владимирович*

ВВЕДЕНИЕ

Через год после образования Макеевского инженерно-строительного института, в 1973 году кафедра строительных материалов, оснований и фундаментов была реорганизована с созданием двух подразделений – кафедры «Строительные материалы и производство строительных конструкций» и кафедры «Механика грунтов, основания и фундаменты».

Заведующим кафедрой «Механика грунтов, основания и фундаменты» стал к.т.н., доцент Ю. М. Гусев, занимавшийся разработкой и совершенствованием методов расчёта оснований фундаментов. Особое внимание в научно-исследовательской работе кафедры в этот период времени уделялось: вопросам деформируемости грунтов под действием равномерных и неравномерных нагрузок, расчету кренов фундаментов различной формы, а также определению осадок при давлениях, превышающих предел прямой пропорциональности, а также при циклических и переменных во времени нагрузках [1].

На этот период времени приходится также создание основной материальной базы, обеспечивающей качественное выполнение учебной, научно-исследовательской и хозяйственной деятельности.

В 1973 году на кафедре был создан геологический музей, включивший в себя ряд лучших образцов минералов и горных пород Восточной Сибири и Донецкого региона. Неоценимый вклад в формирование музея внесли кандидаты геолого-минералогических наук Е. М. Шеремет и В. Ф. Оглоблин, кандидаты технических наук О. П. Новодережкин и Э. К. Фролов.

Тогда же была создана лаборатория для испытания грунтов, укомплектованная приборами для комплексного испытания грунтов, как в лабораторных, так и в полевых условиях.

В период с 1975 по 1996 гг. кафедрой успешно руководил участник ВОВ, д.т.н., профессор, академик Академии Строительства Украины Ю. З. Заславский, опытный производственник и научный деятель в области надземного и подземного строительства. Вместе с Ю. З. Заславским из ДонУГИ на кафедру пришли работать кандидаты технических наук Э. К. Фролов и Е. Б. Дружко.

С 1978 по 1996 годы под руководством Заславского Ю. З. при кафедре функционировала отраслевая лаборатория «Основания и подземные сооружения» Минуглепрома Украины, являвшаяся головной по вопросам ресурсосберегающих способов обеспечения устойчивости подземных сооружений. Комплекс исследований, проведенных сотрудниками отраслевой лаборатории и кафедры, позволил разработать конструкции крепей, использующих несущую способность упорчнённого массива, закрепляющие растворы на основе отходов и побочных продуктов местных производств, которые получили широкое применение в подземном (шахтном) и надземном строительстве Донбасса.



Заславский Юлий Зиновьевич

Доктор технических наук (1967 г.), профессор (1968 г.), академик Академии Строительства Украины, действительный член Нью-Йоркской академии наук.

Автор и соавтор 27 изобретений, 198 научных работ, в их числе 12 монографий. Его ученики защитили 3 докторских и 29 кандидатских диссертаций. В 1997 г. удостоен «Государственной стипендии Президента Украины выдающимся деятелям науки, образования и культуры».



Петраков Александр Александрович

Заведующий кафедрой, доктор технических наук, профессор, академик Академии Строительства Украины. Выпускник строительного факультета Донецкого политехнического института (1963 г.), автор и соавтор более 200 научных и научно-методических работ, из которых пять монографий, два учебника, три учебных пособия, 16 патентов и 25 свидетельств на изобретение, ряд нормативных документов. Подготовил 15 кандидатов технических наук и двух докторов технических наук.

Разработки отраслевой лаборатории отмечены: медалями ВДНХ СССР в 1986 и 1989 годах, ВДНХ УССР в 1987 году, Госстроем СССР на двух Всесоюзных конкурсах в 1978 и 1987 годах (первая и вторая премии), Минвузом СССР в 1982 и 1986 году (грамота и вторая премия на конкурсе НИР), Минвузом УССР в 1981 году (грамота), Минуглепромом УССР в 1982 году (третья премия на Всесоюзном конкурсе).

За данный период времени сотрудниками кафедры были защищены: докторская диссертация (Дружко Е. Б.) и девять кандидатских диссертаций (Гавенко В. М., Гринько Е. В., Казачек Т. В., Качан И. В., Ковшов В. В., Пирогов Е. П., Пшеничный В. А., Шатохин М. А., Шарабарин А. Г.).

В 1990 году кафедра была переименована в кафедру оснований, фундаментов и подземных сооружений (ОФиПС).

В 1996 г. кафедру ОФиПС возглавил д.т.н., профессор, академик Академии строительства Украины А. А. Петраков, специалист в области теории расчёта, проектирования и эксплуатации зданий и сооружений на территориях со сложными инженерно-геологическими условиями и на подрабатываемых территориях [2], представитель научной школы доктора технических наук, профессора Клепикова Сергея Николаевича [3].

В 2009 году на кафедре ОФиПС работали два профессора и шесть кандидатов технических наук (фото 1).



Фото 1. Состав кафедры в 2009 году, слева на право: верхний ряд: доценты В. В. Яркин, Н. Г. Лобачева, профессор Е. Б. Дружко, доцент Т. В. Кошелева, ассистент Е. Э. Ярош, доценты Н. А. Петракова, Э. К. Фролов, аспирант Ю. И. Стяжкина; нижний ряд: доцент В. М. Гавенко, лаборант Е. И. Карагодина, профессор А. А. Петраков, ассистент В. П. Попова

Под руководством д.т.н., профессора А. А. Петракова в 1996 году на кафедре начаты научные исследования по нескольким новым направлениям, относящимся к теории проектирования зданий и сооружений в сложных условиях строительства.

Основные направления научной деятельности кафедры ОФиПС:

- разработка и исследование фундаментов повышенной несущей способности и методов их расчёта. Результаты этих исследований нашли отражение в кандидатской диссертации Шиловой Н. А. [4]. Кафедрой разработаны пособия по проектированию и расчёту фундаментов повышенной несущей способности. Указанные пособия широко используются проектными институтами, а также при выполнении курсовых и дипломных проектов;

- диагностика технического состояния зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях. Результаты этих исследований нашли отражение в двух кандидатских диссертациях Яркина В. В. [5] и Тарана Р. А. [6];

- разработка и исследование оснований и фундаментов при строительстве и реконструкции зданий и сооружений на неравномерно деформирующихся и просадочных грунтах. Результаты этих исследований нашли отражение в докторской диссертации Яркина В. В. [7];

- совершенствование методов расчета деформаций, несущей способности и устойчивости оснований фундаментов и грунтовых массивов на основе гипотез нелинейной механики грунтов. Результаты этих исследований нашли отражение в докторской диссертации Яркина В. В. [7] и кандидатской диссертации Емец Е. В., а также реализованы в программном обеспечении (ПО) «DesCon» (автор - Яркин В. В.). Предложенные Петраковым А. А. уравнения пластического состояния материалов с внутренним трением в условиях сложных траекторий нагружения реализованы в ПО «NL Polifem» и ПО «PANAMA» (автор - Петраков А. А.). Использование указанных уравнений состояния в расчетах грунтовых оснований и строительных конструкций позволяет существенно приблизить данные теоретических прогнозов к экспериментально определяемым параметрам;

- разработка и исследование методов защиты зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических и горно-геологических условиях. В рамках проведения исследований по данному научному направлению подготовлены и успешно защищены 7 кандидатских диссертаций. В работах Лобачевой Н. Г. [8] и Писаренко А. В. [9] рассматривались методы улучшения строительных свойств грунтов основания. В работах Виноградова В. Н. [10] и Кухарь А. В. [11] рассматривались конструктивные меры защиты зданий на карстоопасных территориях. Снижение усилий в элементах системы «Основание – Фундамент – Здание» путем целенаправленного изменения жесткости конструктивных элементов и основания в процессе возведения и эксплуатации здания рассматривалось в работах Петракова А. А. и его учеников: Виноградова В. Н. [10], Яркина В. В. [12], Кухарь А. В. [13] и др. Ряд предложений Петракова А. А. по введению в конструктивные элементы дополнительных

устройств, позволяющих в определенный момент времени существенно снижать жесткость этих элементов, ограничивая при этом величину деформаций, были экспериментально исследованы его учениками: Брыжатой Е. О. [14] и Живодеровым Н. А. В работах Петраковой Н. А. рассматривались методы расчета и обеспечения устойчивости оползнеопасных склонов. При этом выполнялась апробация полученных результатов путем проверки расчетных положений в натуральных условиях. Опытное внедрение полученных результатов в реальные проекты защиты оползнеопасных территорий показало их эффективность (рис. 2, 3);



Рис. 2. Трещины и сдвиги земной поверхности в верхней зоне оползня (с. Юрьевка Донецкой области)

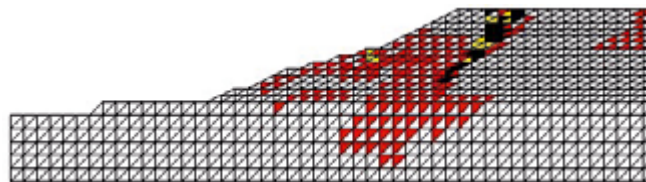


Рис. 3. Области предельного равновесия в теле грунтового массива оползня (черным цветом помечены КЭ с трещиной)

- теория взаимодействия зданий и сооружений с деформируемым основанием. Результатами теоретических исследований являются методики расчета зданий и сооружений с учетом совместной работы оснований, фундаментов и надфундаментных конструкций. Кафедрой разработаны многочисленные цифровые модели зданий и сооружений, включающие конструкции фундаментов и деформируемого основания (рис. 4).

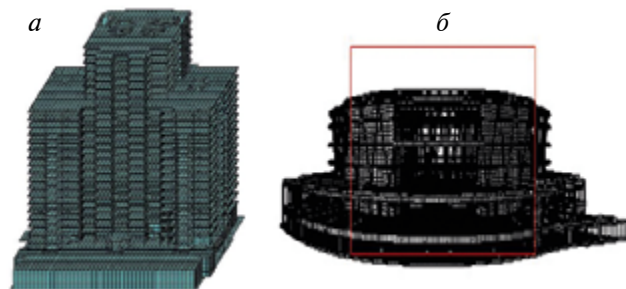


Рис. 4. Цифровые модели: а - здания бизнес-центра «Северный» в г. Донецк; б - спортивного сооружения «Кальмиус Арена» в г. Донецк

Результаты многолетних экспериментально-теоретических исследований кафедры послужили основой для разработки следующих инструктивно-нормативных документов: ДБН В.2.1-10-2009 «Основания и фундаменты зданий и сооружений. Основные положения проектирования»; ДБН В.1.1-10:2016 «Здания и сооружения в сложных инженерно-геологических условиях. Основные положения проектирования»; ДСТУ – Н Б В.1.1-10:2016 «Здания и сооружения на подрабатываемых территориях. Основные положения по расчету»; РБН В 3.1-01-99 «Правила оценки технического состояния и паспортизации зданий и сооружений, эксплуатирующихся в сложных инженерно-геологических условиях».

Значительная часть результатов научных исследований, проводившихся на кафедре за последние 20 лет, были систематизированы и представлены в докторской диссертации Яркина В. В. «Развитие методов расчета зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях» [7]. Предложенные в диссертации аналитические методы определения деформаций основания, вызванных различными сложными инженерно-геологическими условиями, с последующим учетом потенциальной неравномерности от их возможных сочетаний реализованы в авторском исследовательском программном обеспечении «DesCon» <https://dwg.ru/dnl/14972>.

ЛАБОРАТОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ И НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Созданная в 1973 году лаборатория для испытания грунтов регулярно проходит метрологический контроль и на данный момент входит в состав аккредитованного Центра испытаний строительных материалов и конструкций ДонНАСА. В рамках совершенствования лабораторной базы кафедры ведется разработка и апробация прибора трехосного сжатия грунта, позволяющего проводить испытания при сложном нагружении образца независимыми напряжениями по всем трем осям (рис. 5). Результаты таких испытаний



Рис. 5. Прибор трехосного сжатия с независимыми нагружениями по трем осям

позволяют получить исходные данные для расчета грунтовых оснований и массивов с использованием современных программных комплексов. Для экспериментально-теоретических исследований в области нелинейной механики грунтов такие приборы являются крайне необходимыми.

Для полевых испытаний используются арендованные установки и стенды. Например, для статических испытаний свай подтверждена эффективность использования гравитационной нагружающей установки на автомобильном транспорте (рис. 6).

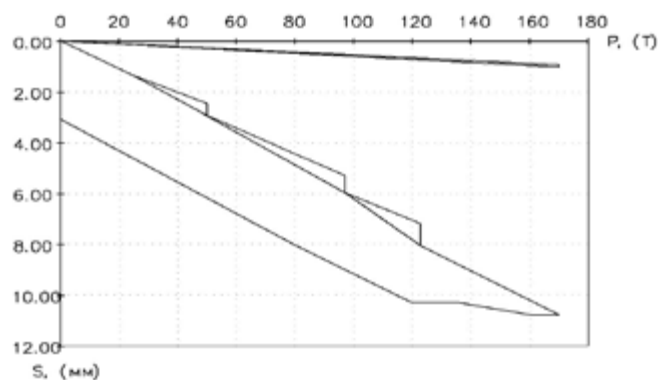


Рис. 6. Общий вид установки для испытания свай С-450. Паспорт испытания сваи № 104

УЧЕБНЫЕ КУРСЫ И ДИСЦИПЛИНЫ. УЧЕБНАЯ РАБОТА

На кафедре изучаются следующие основные дисциплины.

Для бакалавриата: инженерная геология; инженерные изыскания; основы геотехники; основания и фундаменты.

Для магистратуры: здания и сооружения в сложных инженерно-геологических и горно-геологических условиях строительства; теория взаимодействия зданий и сооружений с деформируемым основанием; инновационные технологии устройства фундаментов повышенной несущей способности; конструкции подземных частей гражданских и промышленных зданий и сооружений.

В настоящее время на кафедре работает два доктора технических наук, профессора и пять кандидатов технических наук, доцентов (фото 7).

Фото 7. Состав кафедры в 2022 году, слева на право: верхний ряд: ассистенты Н. С. Масло, М. Д. Панасюк, доцент Н. А. Петракова, лаборант В. В. Кирьянова, ассистент Е. Э. Ярош, доценты А. В. Кухарь, Е. О. Брыжатая; нижний ряд: профессор В. В. Яркин, ст. преподаватель В. П. Попова, профессор А. А. Петраков, доцент Т. В. Кошелева



Кафедрой разработан целый ряд учебно-методических материалов и учебников для эффективного осуществления учебного процесса. Учебно-методическое обеспечение адаптировано с учебной и нормативно-технической средой Российской Федерации в области строительства.

Кафедра является выпускающей. В связи с этим большая часть учебной нагрузки связана с дипломным проектированием бакалавров и диссертациями магистров. В среднем ежегодно кафедра выпускает более 20-ти бакалавров и более 15-ти магистров. Темы дипломных проектов бакалавров и диссертаций магистров связаны с тематикой научно-исследовательских работ, выполняемых на кафедре. При выполнении выпускных работ студенты используют графические редакторы, вычислительные программные комплексы Lira и Plaxis, исследовательские программные комплексы, разработанные на кафедре, NL Polifem, DesCon, Ramata. Во всех выпускных работах выполняются исследования в системе «основание - фундамент - сооружение». Пример расчетов, выполняемых в рамках выпускных квалификационных работ, показан на рис. 8.

Выпускники кафедры успешно работают в строительных организациях, в проектных и научно-исследовательских институтах, в других учебных заведениях, в т.ч., в г. Москве. Кадровый состав кафедры практически полностью представлен ее выпускниками разных лет.

АСПИРАНТУРА И ДОКТОРАНТУРА

Результатами научно-исследовательской работы, проводимой на кафедре, являются подготовленные кандидатские и докторские диссертации. За последний период защищены следующие подготовленные на кафедре диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук: Виноградов В. Н. (1996 г.), Шилова Н. А. (1999 г.), Яркин В. В. (2002 г.), Емец Е. В. (2004 г.), Таран Р. А. (2002 г.), Лобачева Н. Г. (2007 г.), Петракова Н. А. (2007 г.), Кухарь А. В. (2011 г.), Брыжатая Е. О. (2018 г.). В 2022 г. доцент Яркин В. В. защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора технических наук. Научным руководителем всех защищенных диссертаций является профессор

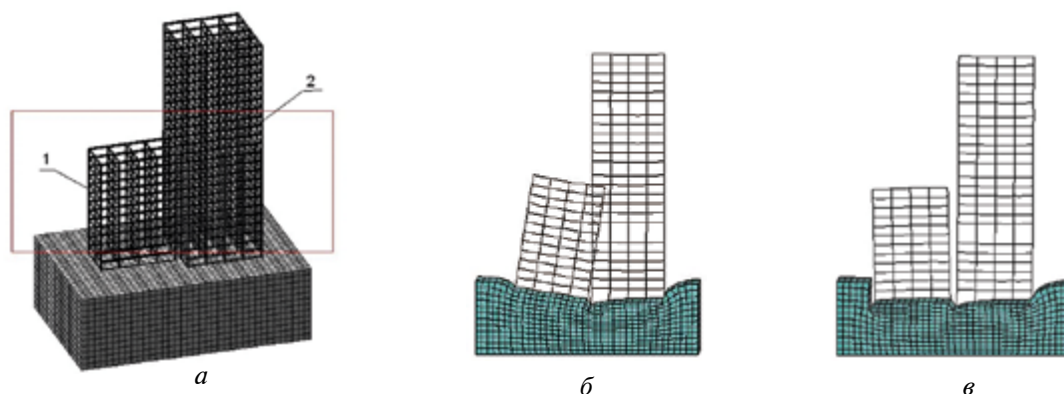


Рис. 8. Пример выпускной работы по проектированию зданий в условиях плотной городской застройки: а – модель грунтового основания и возведенных на нем зданий; б – крен существующего здания при возведении вблизи него нового объекта; в – исправление крена геотехническим методом

Петраков А. А., в связи с чем совокупность защищенных на кафедре диссертаций можно рассматривать как сформировавшуюся научную школу.

Кафедра продолжает подготовку специалистов высшей квалификации. В настоящее время над кандидатскими диссертациями работают трое сотрудников кафедры: Панасюк М. Д., Масло Н. С. и Ярош Е. Э.

КАФЕДРАЛЬНАЯ И ХОЗДОГОВОРНАЯ ТЕМАТИКА

Функционирующий с 1996 года научно-исследовательский центр «Инженерная защита зданий и сооружений в сложных горно-геологических и инженерно-геологических условиях» позволяет внедрять результаты научно-исследовательской деятельности кафедры в практику проектирования и строительства при выполнении хозяйственных работ. В практику проектирования результаты научных исследований сотрудников кафедры были внедрены такими организациями как: ГП Донецкий ПромстройНИИпроект; ЧАО «Институт Донбассреконструкция»; ГУ ДонГипрошахт; Донбассгражданпроект; «Донжелдорпроект» НПФ «ДонНИИ ЛТД»; Трест Красноармейскшахтострой и многими другими.

Наиболее востребованные виды работ: прогноз развития опасных геологических и геотехнических процессов и разработка мер защиты от них; проектирование новых и реконструкция существующих зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях, оценка технического состояния подземных и надземных конструкций зданий и сооружений и разработка документации по восстановлению их технической пригодности.

Кафедральная тематика планировалась на пятилетние сроки времени и в разные годы была направлена на решение конкретных научно-технических проблем, соответствующих научным направлениям кафедры. Результатами выполнения кафедральной



Фото 9. Готман А. Л., д.т.н., профессор и Кухарь А. В., к.т.н., доцент в стенах СПбГАСУ

тематики являлись подготовленные и защищенные диссертации преподавателями кафедры.

ПУБЛИКАЦИИ И УЧАСТИЕ В КОНФЕРЕНЦИЯХ

Преподаватели и сотрудники кафедры опубликовали более 400 научных трудов, девять монографий, получили 31 авторское свидетельство. За последние пять лет регулярно публикуются статьи в изданиях, входящих в ведущие наукометрические базы данных [14-20]. В научных исследованиях активно участвуют студенты, о чём свидетельствует тематика их дипломных проектов, разделы НИРС в курсовых и дипломных проектах, доклады на научно-технических конференциях, публикации и изобретения.

Несомненным достижением кафедры являются разработанные учебники по курсам инженерной геологии, механики грунтов и оснований и фундаментов [21, 22].

Сотрудники кафедры регулярно участвуют в различных конференциях различного уровня, в том числе и международных.

В октябре 2021 года доценты кафедры Яркин В. В. и Кухарь А. В. приняли участие в международной научно-технической конференции по геотехнике на базе СПбГАСУ «Современные теоретические и практические вопросы геотехники: новые материалы, конструкции, технологии и методики расчетов» GFAC 2021. Во время технической экскурсии по уникальным строительным объектам, возводимым и построенным в сложных геотехнических условиях г. Санкт-Петербурга коллеги из СПбГАСУ и Товарищества сибирских геотехников делились своим опытом в решении неординарных задач, с которыми пришлось столкнуться при проектировании и строительстве этих объектов (фото 9, 10).



Фото 10. Строительство подземной части здания JetBrains на побережье Финского залива (на фото Полищук А. И., д.т.н., профессор и Яркин В. В., д.т.н., доцент ДонНАСА)

ВЫВОДЫ

Кафедра оснований, фундаментов и подземных сооружений (ОФиПС) прошла с момента образования ДонНАСА длительный путь научно-технического развития и совершенствования. Она по-прежнему занимает одно из ведущих мест среди геотехнических кафедр в Украине. По проблеме теории строительства зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических и горно-геологических условиях строительства кафедра является одним из ведущих научных коллективов на пространстве стран СНГ. По кадровому составу, научному потенциалу и учебно-методическому обеспечению кафедра соответствует стандартам Российской Федерации.

Основные направления научно-технической деятельности кафедры ОФиПС на ближайшую перспективу.

1. Цифровые модели зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях строительства в комплексе с геотехническими моделями строительных площадок.

2. Предельные состояния строительных конструкций и оснований зданий и сооружений, претерпевающих неравномерные сдвиги земной поверхности.

3. Нелинейные методы расчета оснований, фундаментов и надземных конструкций, основанные на гипотезах теории пластического течения.

Список литературы

1. Гусев, Ю. М. *Определение осадки сооружений при неравномерной нагрузке оснований*. – К.: Вища школа, 1976. – 112 с.
2. Петраков, А. А. *Сложное нагружение строительных конструкций и оснований*: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.01, 05.23.02 / Петраков Александр Александрович. К. 1994. 36 с.
3. Клепиков, С. Н. *Расчет сооружений на деформируемом основании* / С. Н. Клепиков. К.: НИИСК, 1996. 204 с.
4. Шилова, Н. А. *Фундаменты усовершенствованной конструкции с уширенным основанием в вытрамбованных котлованах*. Дис...канд техн. наук: 05.23.02 / Шилова Наталья Александровна. Днепропетровск, 1999. – 252 с.
5. Яркин, В. В. *Взаимодействие ленточных фундаментов с неравномерно деформируемым основанием*. Дис...канд техн. наук: 05.23.01 / Яркин Виктор Владимирович. Макеевка, 2001. – 167 с.
6. Таран, Р. А. *Методы технической диагностики кирпичных зданий, эксплуатируемых в обычных и сложных условиях строительства*: Дис... к.т.н.: 05.23.01 / Таран Роман Анатольевич. Макеевка, 2002. 163 с.
7. Яркин, В. В. *Развитие методов расчета зданий и сооружений в сложных инженерно-геологических условиях*. Дис...д-ра техн. наук: 05.23.01 / Яркин Виктор Владимирович. Макеевка, 2021. – 465 с.
8. Лобачева, Н. Г. *Сравнительный анализ результатов экспериментальных и теоретических исследований метода уплотнения основания фундаментов внутренними давлениями* / Н.Г. Лобачева, В.В. Яркин // SCIENCE PROSPECTS, № 1(112), 2019. С. 54-62.
9. Писаренко, А. В. *Численное исследование напряженно-деформированного состояния конструкций здания, взаимодействующего с просадочным основанием при его частичном закреплении* / А.В. Писаренко, В.В. Яркин // Вестник ДонНАСА, №3(125), 2017. С. 86-93.
10. Виноградов, В. Н. *Конструктивные меры защиты одноэтажных промышленных зданий от воздействия поверхностного карста*: дис. ... к.т.н.: 05.23.01 / Виноградов Владимир Николаевич. Макеевка. 1996. 250 с.
11. Кухарь, А. В. *Конструктивные меры защиты сооружений на карстоопасных территориях*: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Кухарь Анна Владимировна. Макеевка. 2011. 136 с.
12. Яркин, В. В. *Неравномерные деформации основания зданий со стальным каркасом в грунтовых условиях I типа по просадочности* / В.В. Яркин, А. В. Кухарь, А. Д. Анисимова, В. В. Яркина // Металлические конструкции, Т. 25, № 4, 2019. С. 171-181.
13. Яркин, В. В. *Регулирование усилий в плитном фундаменте в процессе возведения здания* / В. В. Яркин, А. В. Кухарь // Современное промышленное и гражданское строительство, Т. 12, № 3, 2016. С. 119-126.
14. Bryzhata Ek. *Explanatory investigation of the device for regulating the vertical position of a building*. / Ek. Bryzhata, N. Maslo, A. Petrakov // MATEC Web of Conferences 245, 04015 (2018), DOI:10.1051/mateconf/201824504015.
15. Yarkin, V. *Determination of non-uniform settlements caused by decompression of soil in the excavation* / Yarkin V., Kukhar A. // MATEC Web of Conferences 245, 08002 (2018), DOI:10.1051/mateconf/201824508002.
16. Yarkin, V. *Non-linear settlements of shallow foundation* / Yarkin V., Kukhar H. and Lobacheva N. // E3S Web of Conferences 97, 04034 (2019), <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199704034>.
17. Lobacheva, N. *Experimental and numerical substantiation the efficiency method of compaction of soil base by creating sealing pressure inside soil massif* / N. Lobacheva, V. Yarkin // J. Phys.: Conf. Ser., Vol. 1425. 012048, 2019, doi:10.1088/1742-6596/1425/1/012048.
18. Yarkin, V. *Stress-strain state of expansive soils when soaking from above* / V. Yarkin, N. Lobacheva // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering, Vol. 869, 052052, 2020, doi:10.1088/1757-899X/869/5/052052.
19. Yarkin, V. *Determination of subsidence of base with intensive soaking of subsidence soil* / Yarkin V., Lobacheva N. // E3S Web of Conferences 263, 02037, 2021 doi: 10.1051/e3sconf/202126302037.
20. Panasyuk, M. *Nonlinear analysis of constructions from different materials based on unified plastic constitutive relations* / Panasyuk M., Petrakov A., Petrakova N. // 2021 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng. 1030 012088, 2021, doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012088.
21. *Инженерная геология. Механика грунтов, основания и фундаменты*: Учебник / Н. Л. Зоценко, А. А. Петраков и др. – Полтава: ПНТУ, 2004. – 568 с.
22. *Механика грунтов, основания и фундаменты*: Учебник / В. Б. Швеца, А. А. Петраков и др. – Днепропетровск: Пороги, 2012. – 196 с.