

**«УТВЕРЖДАЮ»**

Ректор Кыргызского государственного  
технического университета им. И. Раззакова

К.Т.Н., доцент

Чыныбаев М.К.

2024 г.

**ВЫПИСКА**

из протокола №5 от 27.12.2023 г. заседания сотрудников кафедры механики и промышленной инженерии Кыргызского государственного технического университета им. И. Раззакова по предварительной апробации диссертационной работы соискателя Тургунбаева М.С. на тему «Особенности копания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.04 – строительные, дорожные и подъемно-транспортные машины

27.12.2023 г.

г. Бишкек

1. **Председатель:** Доталиева Ж.Ж. – к.ф.-м.н., доцент, заведующая кафедрой механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова, 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела
2. **Секретарь:** Асаналиева Т.М. – к.ф.-м.н., доцент кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова, 01.04.07 – физика конденсированного состояния

**Присутствовали:**

3. Джуматаев М.С. – д.т.н., профессор, академик НАН КР, 05.02.18 – теория механизмов и машин (приглашенный);
4. Тургумбаев Ж.Ж. – д.т.н., профессор кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова, 05.05.04 – строительные, дорожные и подъемно-транспортные машины;
5. Суюнтбеков И.Э. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин КГТУ им. И. Раззакова, 05.22.10 – эксплуатация автомобильного транспорта;
6. Мендекеев Р.А. – д.т.н., профессор, директор НИИ «Сейсмостойкое строительство» КГТУ им. И. Раззакова, 05.05.06 – горные машины, 05.02.18 – теория механизмов и машин;
7. Садиева А.Э. – д.т.н., профессор кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова, 05.02.18 – теория механизмов и машин;

8. Дюшекеев К.Д. – к.т.н., доцент кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова; 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела;
9. Шамшиев Н.У. – к.т.н., доцент кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова; 05.23.11 – проектирование и строительство дорог, метрополитенов, аэродромов, мостов и транспортных тоннелей; 05.23.17 – строительная механика;
10. Баялиев А.Ж. – к.т.н., доцент кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова; 05.02.18 – теория механизмов и машин;
11. Назаров С.О. – к.с.-х.н., доцент кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова; 06.02.04 – Частная зоотехния, технология производства, продуктов животноводства;
12. Кожошев Т.Т. – к.ф.-м.н., доцент кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова; 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела;
13. Дильдаев М.С. – к.ф.-м.н., доцент кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова; 01.02.05 – механика жидкостей, газа и плазмы;
14. Кудайбердиев О.Б. – доцент кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова;
15. Душенова М.А. – ст. преподаватель кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова;
16. Сыдыков Т.К. – ст. преподаватель кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова;
17. Орозбаев А.А. – ст. преподаватель кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова;
18. Атабеков К.К. – д.т.н., и.о. профессора, заведующий кафедрой организации перевозок и управления транспортом КГТУ им. И. Раззакова, 05.22.10 – эксплуатация автомобильного транспорта (приглашенный);
19. Муслимов А.П. – д.т.н., профессор кафедры автоматизации, робототехники и механотроники КГТУ им. И. Раззакова, 05.02.08 – технология машиностроения, 05.13.06 – автоматизация, управление технологическими процессами и производством (приглашенный);
20. Алмаматов М.З. – д.т.н., профессор кафедры метрологии и стандартизации КГТУ им. И. Раззакова, 05.02.18 – теория механизмов и машин (приглашенный);
21. Раджапова Н.А. – к.т.н., доцент кафедры эксплуатации транспортных и технологических машин КГТУ им. И. Раззакова, 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины (приглашенный);
22. Исаков К.И. – к.т.н., и.о. профессора кафедры организации перевозок и управления транспортом КГТУ им. И. Раззакова, 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины (приглашенный);
23. Нурманбетов Н.Р. – к.т.н., доцент кафедры организации перевозок и управления транспортом КГТУ им. И. Раззакова, 05.05.04 – дорожные,

- строительные и подъемно-транспортные машины (приглашенный);
24. Алтыбаев А.Ш. – к.т.н., доцент кафедры организации перевозок и управления транспортом КГТУ им. И. Раззакова, 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины (приглашенный);
25. Арыкбаев К.Б. – к.т.н., и.о. доцента кафедры организации перевозок и управления транспортом КГТУ им. И. Раззакова, 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины (приглашенный);
26. Жылкычиев М.К. – к.т.н., и.о. доцента кафедры строительной механики и гидротехнического строительства КГТУ им. И. Раззакова, 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины (приглашенный);
27. Рысбеков А.Ш. – ст. преподаватель кафедры организации перевозок и управления транспортом КГТУ им. И. Раззакова, 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины (приглашенный);
28. Иманбеков Т. – зав. лабораторией кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова.

**Всего 28 человек**

**Повестка дня:**

Предварительное рассмотрение диссертационной работы соискателя кафедры механики и промышленной инженерии КГТУ им. И. Раззакова Тургунбаева М. С. на тему «Особенности копания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины.

Тема докторской диссертации и научный консультант утверждены на основании решения Ученого совета КГТУ им. И. Раззакова от 29 сентября 2008 года, протокол №1.

**Научный консультант** – д.т.н., профессор Тургумбаев Женишбек Жумадылович (05.05.04 - дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины).

**Назначенные рецензенты:**

1. Суюнтбеков И.Э. – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой эксплуатации транспортных и технологических машин КГТУ им. И. Раззакова, 05.22.10 – эксплуатация автомобильного транспорта;

2. Мендекеев Р.А. – д.т.н., профессор, директор НИИ «Сейсмостойкое строительство» КГТУ им. И. Раззакова, 05.05.06 – горные машины, 05.02.18 – теория механизмов и машин.

**Слушали:** доклад соискателя Тургунбаева М.С по диссертационной работе «Особенности копания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин» (доклад сопровождался демонстрацией слайдов).

Уважаемая председатель, уважаемые коллеги.

Удельный вес грунтов, содержащих каменистые включения по данным

наших исследований составляет более 20 % по территории Кыргызской Республики (КР). Каменистое включение становится концентратором напряжений, вследствие чего изменяется напряженно-деформированное состояние в массиве грунта вокруг крупного обломка, появляются случайные, быстроизменяющиеся динамические нагрузки для металлоконструкции рабочего оборудования, рабочего органа землеройной машины при разработке грунтов, содержащих каменистые включения. Все эти факторы в совокупности вызывают рост энергоемкости разрушения грунтов с каменистыми включениями, появления преждевременных усталостных повреждений в металлоконструкции, повышенных зазоров в сопрягаемых деталях землеройных машин. В связи с этим исследование процессов разрушения грунтов с каменистыми включениями землеройными машинами с целью выявления их закономерностей приобретает обоснованную актуальность темы настоящей диссертационной работы.

**Целью диссертационной работы** является разработка научных основ теории резания грунтов с каменистыми включениями рабочим органом землеройной машины, путем проведения теоретических и экспериментальных исследований, установления закономерностей процесса разрушения грунтов с каменистыми включениями.

Для достижения цели необходимо решить **следующие задачи**:

- анализ основных положений существующих теорий процесса резания грунтов землеройными машинами;
- установление стохастических характеристик грунтов, содержащих каменистые включения;
- разработка метода расчета силы сопротивления грунта, содержащего различные каменистые включения резанию рабочим органом землеройной машины;
- разработка стенда для физического моделирования резания грунтов, экспериментальные исследования, сравнительный анализ результатов теоретических и экспериментальных исследований, оценка достоверности теоретических положений;
- разработка методик расчета локальной энергоемкости разрушения грунтов, содержащих различные каменистые включения, усталостной долговечности металлоконструкции и производительности землеройной машины, выработка рекомендаций, направленных на повышение эффективности землеройной машины при разработке грунтов с каменистыми включениями.

На основании полученных теоретических и экспериментальных результатов нами выносятся для обсуждения следующие положения.

**Основные положения диссертации, выносимые на защиту:**

- удельный вес грунтов с каменистыми включениями в грунтовом фоне КР, классификация каменистых включений грунтов;
- моделирование структуры, физико-механических свойств грунтов в соответствии с установленными законом распределения и критериями

подобия;

- метод расчета силы сопротивления грунта с каменистым включением резанию, с применением предельной нагрузки пассивного давления грунта;
- разновидности разрушения грунтов, в зависимости от глубины залегания каменистого включения относительно режущей кромки рабочего органа землеройной машины;
- математические регрессионные модели локальной энергоемкости разрушения грунтов, содержащих различные каменистые включения рабочим органом землеройной машины;
- методика расчета усталостной долговечности локальных участков металлоконструкции рабочего органа землеройной машины;
- методика расчета технической производительности одноковшовых экскаваторов, разрабатывающих грунты с каменистыми включениями.

Известные двух и трехмерные модели прогнозирования силы сопротивления грунта разрушению рабочими органами землеройных машин, разработанные на основе основных положений механики грунтов, пассивного давления грунта, а также широко известного за рубежом фундаментального уравнения землеройной работы (FEE) рассматривают разрушение однородного грунта без каменистых включений. Для корректного описания разрушения грунта с каменистым включением кроме известных параметров: объемного веса, сцепления, углов внутреннего и внешнего трения необходимы дополнительные параметры, которые устанавливаются экспериментальным путем.

Разработка основы теории резания грунта, содержащего каменистое включение землеройной машиной с использованием достижений теории резания однородного грунта и новых многофакторных экспериментальных исследований является предпосылкой достижения цели и задачи настоящего диссертационного исследования.

Системный анализ разрушение грунтов предполагает, в первую очередь исследование стохастических характеристик разрабатываемой среды – грунтов, содержащих каменистые включения. На основе паспортов грунтов (свыше 1000), полученных из «Кыргызгипроводхоза», «Кыргызавтодортранспортпроекта» и управления геологии КР установлены частота появления грунтов с каменистыми включениями по территории КР, вероятностный диапазон изменения их физико-механических свойств, классификация крупнообломочных включений. Для систематизации, нормирования всего многообразия гранулометрического состава, структуры, свойств грунтов, форм, размеров и расположения каменистых включений в массиве грунта, с учетом определенных допущений определены законы распределения минералов, минеральных частиц грунтов на основе полевых исследований.

Установлены закономерности расположения каменистого включения в массиве грунта относительно режущей кромки и влияние их на прорезь разрушения грунта. Определены, что центр тяжести каменистого

включения относительно центра симметрии прорези разрушения имеет эксцентриситет в взаимно перпендикулярных направлениях.

Системный анализ силы сопротивления грунта резанию, метод разбиения на элементарные пояса поверхности каменистого включения и принцип суперпозиции сил с применением пассивного давления грунта, определенного на основе теории предельного напряженного состояния сыпучей среды позволили разработать математические модели прогнозирования силы сопротивления резанию зоны заполнителя (однородная зона), каменистой зоны и в совокупности силы сопротивления грунта, содержащего каменистое включения разрушению. Пространственный характер разрушения учитывается посредством коэффициента, определенного на основании допущения о функциональной зависимости объема разрушенного грунта с соответствующей силой резания грунта с каменистым включением. Таким образом разработанные аналитические зависимости (математические модели) позволяют рассчитать силу сопротивления грунта резанию как однородного грунта, так и грунта, содержащего отдельное каменистое включение. Оценены расхождения между известными советскими и зарубежными двух и трехмерными моделями прогнозирования силы сопротивления грунта резанию и математическими моделями, разработанных авторами. Для формирования условий физического моделирования процесса резания разработаны критерии подобия физических свойств, гранулометрического состава и параметров резания грунта, содержащего каменистое включение, специальный стенд для проведения экспериментальных исследований, который защищен патентом КР на полезную модель.

Однофакторный эксперимент позволил определить оптимальные параметры резания, в частности оптимальным углом резания грунта с каменистым включением является  $25...30^{\circ}$ , закономерности разрушения грунта в зависимости от координаты действия режущей кромки на каменистое включение. По результатам экспериментальных исследований выделяются 3 вида разрушений: с интенсивным (быстрым) выкатыванием камня на поверхность грунта, при этом траектория камня представляет собой близко прямолинейное движение под углом к дневной поверхности грунта; с экстенсивным (медленным) выкатыванием камня на поверхность грунта, при этом траектория камня представляет собой сложное движение (близко прямолинейное движение параллельно дневной поверхности, далее под углом к ней); с вдавливанием камня в массив грунта, при этом траектория камня представляет собой близко прямолинейное движение под углом вглубь массива грунта. Виды разрушений грунтов позволили систематизировать многообразия разрушений грунта, которые значительно влияют на характер и энергоемкость разрушения грунта, содержащего каменистое включение. Основной особенностью является то, что разрушение грунта с каменистым включением происходит на определенном пути рабочего органа землеройной машины. В связи с этим впервые дается определение и вводится параметр –

длина резания, позволяющая рассматривать процесс резания грунта с каменистым включением в энергоемком аспекте, для которого необходимо исследование закономерностей зоны заполнителя, каменистой зоны в зависимости от параметров грунта, каменистого включения и от перемещения режущей кромки землеройной машины. Разработаны зависимости, позволяющие рассчитать объем прорези разрушения с учетом центральной и боковой частей, основной и дополнительной областей, объем предварительно деформированного грунта, объем деформированного грунта при вдавливании камня в глубину массива. Спланирован полно факторный эксперимент с участием трех факторов: плотности грунта, размера каменистого включения и ширины резания грунта, которые изменяются на двух уровнях. Принимается что, сила сопротивления разрушению зоны заполнителя находится на постоянном уровне и определяется аналитическим путем, а закономерности каменистой зоны определяются опытным путем и аппроксимируются аналитическими зависимостями методом подгонки.

Основными геометрическими параметрами прорези разрушения с каменистым включением являются: угол резания, глубина резания, ширина резания, глубина залегания камня, длина резания, фронтальный угол сдвига, боковой угол сдвига основной области, боковой угол сдвига дополнительной области, ширина резания, изменяющаяся под влиянием камня, длина прорези, ширина прорези, длина вдавливания камня.

По результатам статистического анализа эмпирической совокупности в программном комплексе «*Statistica*» получены математические регрессионные модели локальной энергоемкости разрушения грунта с шаровидным каменистым включением и коэффициента локальной энергоемкости разрушения грунта с эллипсоидным/эллипсоидно-суженным каменистым включением. Физические свойства заполнителя грунтов установлены в сертифицированной грунтово-химической лаборатории ОАО института «Кыргыз ГИИЗ», а прочностные характеристики в зависимости от плотности, содержания каменистых включений крупнее 2 мм и консистенции грунтов рассчитаны по известной методике. Посредством теоретико-экспериментального подхода разработана методика расчета локальной энергоемкости разрушения грунта, содержащего каменистое включение, автоматизация расчетов силы сопротивления резанию грунта с каменистым включением произведена с использованием программы *Visual Basic Excel*. Критерием оптимизации процесса разрушения грунта с каменистым включением выступает снижение его локальной энергоемкости.

Количественный анализ влияния факторов на локальную энергоемкость разрушения грунтов с каменистыми включениями показывает, что когда заполнитель находится в полутвердом состоянии, содержание минеральных частиц крупнее 2 мм 30 % (супесь, суглинок), а глина содержит 50 % частиц крупнее 2 мм, разрушается с интенсивным выкатыванием каменистого включения:

- повышение плотности, вызывает возрастание локальной энергоемкости разрушения супеси, суглинка и глины с каменистым включением на 28,5 .... 32 %;

- повышение размера каменистого включения, вызывает возрастание локальной энергоемкости разрушения супеси, суглинка и глины с каменистым включением на 282...318 %;

- повышение ширины резания, вызывает возрастание локальной энергоемкости разрушения супеси и суглинка и глины с каменистым включением на 23...32 %.

- переход из интенсивного разрушения к экстенсивному разрушению, вызывает возрастание локальной энергоемкости разрушения супеси, суглинка и глины с каменистым включением на 33...37 %, а переход к разрушению с вдавливанием каменистым включением, вызывает возрастание локальной энергоемкости разрушения супеси, суглинка и глины с каменистым включением на 410...427 %.

. Переход заполнителя грунта из полутвердого состояния в мягко и текуче пластичное состояние, при содержании минеральных частиц крупнее 2 мм 30...50 %, вызывает снижение локальной энергоемкости разрушения супеси, суглинка и глины с каменистым включением на 10...20 %, а когда минеральных частиц крупнее 2 мм содержится 73 %, снижение локальной энергоемкости разрушения супеси, суглинка и глины с каменистым включением составляет 15...25 %. При росте содержания минеральных частиц крупнее 2 мм от 30 % к 73 %, снижение локальной энергоемкости разрушения супеси, суглинка с каменистым включением составляет 15...20 %, а при возрастании содержания минеральных частиц крупнее 2 мм от 50 % к 73 % снижение локальной энергоемкости разрушения глины с каменистым включением равно 2...5 %.

Таким образом, наибольшее положительное влияние на локальной энергоемкости разрушения оказывают размер каменистого включения, плотность грунта, и вид разрушения грунта с каменистым включением, а отрицательное влияние на локальную энергоемкость разрушения оказывают консистенция (содержание влаги) грунта и содержание минеральных частиц крупнее 2 мм в структуре грунта.

Пути снижения локальной энергоемкости разрушения грунтов с каменистыми включениями можно обозначить усовершенствование конструкции режущего инструмента с целью: снижения точки воздействия на каменистое включение, при этом возрастает выталкивающая сила каменистого включения, снижается длина резания (переход из экстенсивного разрушения грунта в интенсивное); обхода поверхности каменистого включения при внедрении его в массив грунта, при этом каменистое включение внедряется на небольшую глубину, снижается сила внедрения каменистым включением в массив грунта. Получены 8 патентов на изобретение и полезную модель КР по результатам исследований. Результаты практических мероприятий внедрены в Таласский филиал ГП «Автожол» при Министерстве транспорта и



коммуникаций КР, в ДЭП № 47 при Министерстве транспорта и коммуникаций КР, в муниципальное предприятие по оказанию коммунальных услуг г. Талас. Установлены специальные зубья, имеющие криволинейное очертание и увеличенную длину на 20...25 % относительно стандартных зубьев, на ковш экскаватора ЭО-2621, которые повысили техническую производительность экскаватора на 7,4...12,4 % при разработке каменистых грунтов. Разработана методика расчета технической производительности одноковшового экскаватора при разработке каменистых грунтов.

На основе установленных закономерностей случайных динамических воздействий, реальной истории нагружения разработана методика расчета усталостной долговечности локальных участков металлоконструкции рабочего органа экскаватора.

Таким образом, разработанная основа теории резания грунтов с каменистыми включениями на базе теории предельного напряженного состояния сыпучей среды, установленные стохастические характеристики грунтов, закономерности разрушения в зависимости от параметров грунта, каменистого включения, резания, координаты действия и пути перемещения режущей кромки и определенные параметры силовых, энергетических затрат и объема прорези разрушения грунта с каменистым включением, реализация рекомендуемых практических мероприятий способствуют снижению локальной энергоемкости, повышению эффективности разработки грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин, которые и подтверждают о выполнении цели и задачи настоящего диссертационного исследования.

### **ВОПРОСЫ ПО ДОКЛАДУ**

**Джуматаев М.С. - д.т.н., профессор, академик НАН КР.**

**Вопрос:** За счет каких комплекса практических мероприятий достигается повышение эффективности разработки грунтов с каменистыми включениями землеройными машинами?

**Ответ:** По результатам исследований разработаны технические решения по снижению точки приложения режущей кромки и обходу ею поверхности каменистого включения, которые уменьшают динамические нагрузки и продолжительности операции резания грунта с каменистым включением. Вследствие этого повышаются техническая производительность, эффективность одноковшовых экскаваторов при разработке грунтов, содержащих каменистые включения.

**Суюнтбеков И.Э. - д.т.н., профессор.**

**Вопрос:** Область действия полученных патентов на изобретение и полезную модель?

**Ответ:** По результатам исследований получены 8 патентов на изобретение и полезную модель. Для стенда физического моделирования процесса резания грунта с каменистым включением получен 1 патент на полезную модель, а 7 патентов посвящены для снижения вредного влияния боковой силы резания, для снижения точки приложения режущей кромки, для

внедрения камня на небольшую глубину в массив грунта, когда происходит разрушение с вдавливанием каменистого включения, а также для определения количества камней в единице площади грунта.

**Мендекеев Р.А. - д.т.н., профессор.**

**Вопрос:** Разработана Вами основа теории резания грунта, содержащего каменистое включение рабочим органом землеройной машины?

**Ответ:** Да, разработана система подходов, обоснований, решений для определения силы сопротивления грунта, содержащего каменистое включение резанию на основе теории предельного напряженного состояния сыпучей среды, т.е на основе пассивного давления грунта, определенного профессором В.В. Соколовским. Впервые вводится параметр – длина резания грунта, позволяющий рассматривать разрушение грунта с каменистым включением в энергоемкостном аспекте.

**Садиева А.Э. – д.т.н., профессор.**

**1. Вопрос:** Каким образом определялась частота появления грунтов с каменистыми включениями?

**Ответ:** На основе совокупности более 1000 паспортов грунтов, полученных из Кыргыздортранспроекта, Кыргызгипроводхоза, управления геологии на основе изысканий по территории Кыргызской Республики.

**2. Вопрос:** Рекомендуемая толщина среза грунта, содержащего каменистое включение от массива грунта?

**Ответ:** Рекомендуемой толщиной среза грунта, содержащего каменистое включение, для землеройных машин, работающих по принципу послонного резания от массива грунта является 0,15...0,2 м.

**Дюшекеев К.Д. – к.т.н., доцент.**

**1. Вопрос:** Что означает термин «каменистое включение» грунта?

**Ответ:** Термин «каменистое включение» грунта разработан в Московском автомобильно-дорожном институте и подразумевает обломочную минеральную частицу в структуре грунта, прочность и твердость которой намного выше чем заполнитель грунта.

**2. Вопрос:** Как поступать в случае попадания рабочего органа землеройной машины на крупные валуны?

**Ответ:** Для нашего случая граничными размерами каменистого включения грунта принимается 0,04...0,4 м. Каменистое включение со средним размером 0,04 м начинает влиять на силовые и энергетические затраты разрушения грунта, а когда разрабатывается грунт с размером камня более 0,4 м в целях предотвращения поломки необходимо изменять режимы работы землеройной техники или прекращать ее работу.

**Назаров С.О. – к.с.-х.н., доцент.**

**Вопрос:** Какова экономическая эффективность результатов проведенных исследований?

**Ответ:** Определена методика расчета технической производительности одноковшового экскаватора с учетом снижения продолжительности операции копания грунтов с каменистыми включениями, которая непосредственно

влияет на экономическую эффективность. Определение экономической эффективности предлагаемых практических мероприятий в задачу данного диссертационного исследования не входило.

**Кожошев Т.Т. – к.т.н., доцент.**

**1. Вопрос:** Какие исследования проводились в этом направлении, в чем отличие ваших исследований от известных?

**Ответ:** Известные зарубежные двухмерные и трехмерные модели прогнозирования силы сопротивления резанию (Макайес-Али, Хеттиаратчи и Рис, Пейн и Таннер, Годвин и Спур, Свик-Перумпал) основаны на фундаментальном уравнении землеройных работ (FEE), рассматривают разрушение только однородного грунта без учета каменистого включения. Двухмерные модели прогнозирования силы резания Ю.А. Ветрова, К.А. Артемьева, В.И. Баловнева разработанные с использованием пассивного давления грунта также не учитывают наличия в грунте каменистого включения. Э. Кравцовым сила сопротивления разрушению грунта с каменистым включением определяется с использованием уравнения статики, без применения основных положений механики грунтов. З. Корзен разработал регрессионную модель с безразмерными коэффициентами для разрушения горных пород в полупространстве без учета их когезионных и фрикционных свойств, не применяя основных положений механики грунтов.

В наших исследованиях рассматривается разрушение грунта с каменистым включением рабочим органом землеройной машины с применением пассивного давления грунта, на основе теории предельного напряженного состояния сыпучей среды.

**2. Вопрос:** Проводился статический расчет предлагаемых зубьев ковша?

**Ответ:** При разработке грунтов с каменистыми включениями статическая прочность зубьев имеет достаточный запас прочности, актуальность же приобретает усталостная долговечность локальных участков металлоконструкции рабочего органа экскаваторов и абразивный износ режущих инструментов. Разработана методика расчета усталостной долговечности локальных участков металлоконструкции рабочего органа экскаваторов.

**Рысбеков А.Ш. - старший преподаватель.**

**Вопрос:** При разработке грунтов с каменистыми включениями для адаптации режущих инструментов землеройной техники применяется гидравлический привод?

**Ответ:** Разработанное нами техническое решение с применением гидравлического привода для адаптации режущих инструментов при разработке грунтов с каменистыми включениями защищено патентом на изобретение КР, а его практическое применение задача последующих исследований.

**Арыкбаев К. - к.т.н., и.о. доцента.**

**Вопрос:** Еще раз расскажите об актуальности ваших исследований?

**Ответ:** Кыргызская Республика – горная страна. Грунты с каменистыми

включениями часто встречаются, разработка этих грунтов землеройными машинами связано с повышением энергоемкости процесса разрушения, снижением усталостной долговечности металлоконструкции землеройных машин. В связи с этим исследование процессов разрушения грунтов с каменистыми включениями с целью установления основных закономерностей и разработка практических рекомендаций по повышению эффективности разработки вышеуказанных грунтов землеройными машинами носит актуальный характер.

#### **Выступление научного руководителя.**

**Тургумбаев Ж.Ж. д.т.н., профессор.** Учитывая снижение эффективности при разработке грунтов, содержащих каменистые включения землеройными машинами, значительного удельного веса каменистых грунтов по территории КР, выполненная работа актуальная. Тургунбаев М.С. с 2000 года исследует грунтовой фон КР как разрабатываемую среду землеройными машинами, определил частоту появления связных грунтов, содержащих каменистые включения. Соискателем доказано, что разрушение грунта, содержащего крупное каменистое включение необходимо рассматривать в энергоемкостном аспекте, в отличие от рассмотрения в силовом аспекте, для этого вводится впервые новый параметр – длина резания грунта. Следует особо отметить, что разработана система подходов, решений для определения силовых и энергетических затрат на разрушение грунтов, т.е разработана основа теории резания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин. Этот результат также отметил уважаемый рецензент, приводя в детальном анализе рецензируемой работы. Хочу отметить, что выполнен достаточно большой объем исследований теоретического и экспериментального характера, которые обладают научной новизной и практической ценностью, рекомендуемые практические мероприятия по результатам работы направлены на повышение эффективности разработки связных грунтов с каменистыми включениями. Я, как научный консультант считаю диссертационную работу завершённой и можно представить для публичной защиты в диссертационном совете.

#### **Выступление рецензентов:**

##### **1. Рецензент, д.т.н., профессор Суянтбеков И.Э.**

*Актуальность работы.* Выбранная Тургунбаевым М.С. тема является весьма актуальной, учитывая распространенность использования землеройных машин в строительстве и необходимость повышения их эффективности. При разработке грунтов с каменистыми включениями землеройными машинами по данным исследователей происходит повышение силовых и энергетических затрат на разрушение грунта. Частота встречи каменистых грунтов по территории КР составляет более 0,2 и крупный обломок в виде каменистого включения вносит изменения в закономерности разрушения грунтов, содержащих обломочные включения. Наблюдаются также преждевременные усталостные разрушения в металлоконструкциях землеройной техники в производственных условиях. В связи с этими

исследование закономерностей разрушения грунтов, содержащих различные каменные включения с целью снижения энергоемкости разработки грунтов, подтверждают актуальность темы диссертационного исследования. Работа выполнена по государственным научно-исследовательским планам КР «Исследование грунтовых условий эксплуатации землеройных машин в Таласском регионе Кыргызской Республики», «Разработка рабочих органов землеройных машин для освоения подземного пространства в стесненных городских условиях способом «стена в грунте»».

Диссертационная работа состоит из введения, шести глав, заключения и приложений, содержит 250 страниц машинописного текста, 91 рисунок, 30 таблицы, и списка использованной литературы из 228 наименований.

*В первой главе* проведены анализы опыта разработки грунтов с каменными включениями землеройными машинами, исследований, посвященных деформирования и разрушения однородных грунтов, грунтов, содержащих каменные включения, путей повышения эффективности разработки грунтов, методов физического моделирования процесса резания грунтов. Обзор исследований изложен критически с охватом зарубежных, советских и отечественных источников. Ознакомление с содержанием этой главы еще раз подтверждает актуальность темы диссертации. На основе проведенных анализов и обзоров обозначены цели и задачи настоящего диссертационного исследования.

*Во второй главе* из необходимости установления вероятностных характеристик грунтов с каменными включениями, вытекающей из системного анализа, определены: частота появления связных грунтов с каменными включениями по территории КР, вероятностный диапазон изменения их физических и прочностных свойств, классификация крупных обломочных каменных включений, законы распределения минералов и минеральных частиц грунтов с каменными включениями с использованием современного программного комплекса «*Statistica*». Разработаны критерии подобия для физического моделирования процесса резания грунта, содержащего каменное включение режущим инструментом землеройной машины.

*В третьей главе* разработаны математические модели определения силы сопротивления зоны заполнителя, каменной зоны и в совокупности силы сопротивления грунта, содержащего шаровидное/эллипсоидное каменное включение резанию режущим инструментом землеройной машины, с применением пассивного давления грунта, установленного профессором В. Соколовским. Составленные математические модели учитывают все основные параметры разрушения грунтов: объемного веса, сцепления и углов внутреннего и внешнего трений. На базе теории единого клина разработана 3D модель прорези разрушения грунта с каменным включением, позволяющая определять силу сопротивления в боковых частях прорези.

*В четвертой главе* проведены однофакторный и многофакторный эксперименты по установлению закономерностей разрушения грунта в

зависимости от плотности грунта, размера каменистого включения и ширины резания, систематизированы многообразия разрушения грунтов в зависимости от координаты действия режущей кромки на каменистое включение. Определены параметры прорези разрушения грунта, содержащего каменистое включение. Реализованы полно факторные эксперименты с целью определения коэффициентов регрессионных моделей.

В пятой главе проведен сравнительный анализ данных прогнозирования двумерных и трехмерных моделей силы сопротивления резанию с данными моделей прогнозирования советских и зарубежных исследователей, разработаны математические модели энергии и прорези разрушения грунта, содержащегося каменистое включение. Установлены математические регрессионные модели локальной энергоемкости разрушения грунта с каменистым включением рабочим органом землеройной машины с помощью современного программного комплекса «*Statistica*». Проведен анализ динамики локальной энергоемкости разрушения в зависимости от параметров грунта, от параметров каменистого включения и от параметров резания грунта. Обозначены пути снижения локальной энергоемкости разрушения, повышения эффективности разработки грунтов, содержащих каменистые включения.

В шестой главе реализованы практические рекомендации по определению каменистых включений в единице площади грунта, по снижению вредного влияния боковой силы резания, по снижению локальной энергоемкости разрушения и по увеличению эффективности разработки грунтов с каменистыми включениями землеройными машинами. Составлен алгоритм, программа расчета силы сопротивления резанию грунта, содержащего каменистое включение в *Visual Basic Excel*. Разработаны методика расчета усталостной долговечности локальных участков металлоконструкции ковша экскаватора, в зависимости от динамических нагрузений в современном программном комплексе «*ANSYS*», методика расчета технической производительности одноковшовых экскаваторов при разработке каменистых грунтов.

Материалы диссертации написаны научным, грамотным языком, главы имеют логическую последовательность и взаимосвязаны.

*Научная новизна работы.* Установлены вероятности появления грунтов с каменистыми включениями, их вероятностный диапазон изменения физических и механических свойств, классификация крупнообломочных включений, критерии подобия. Получены аналитические зависимости для определения силы сопротивления грунта резанию, энергии и объема прорези разрушения, математические регрессионные модели локальной энергоемкости разрушения грунтов с каменистыми включениями. Разработаны методика оценки усталостной долговечности локальных участков металлоконструкции рабочего органа экскаватора, методика расчета технической производительности одноковшовых экскаваторов. Установлены виды разрушения, позволяющие систематизировать разрушения грунтов в

зависимости от глубины залегания каменистого включения относительно режущей кромки. Автором изготовлен стенд для физического моделирования процесса резания грунтов, содержащих каменистые включения для проведения экспериментальных исследований, проведены полевые испытания на натурной машине.

*Практическая ценность и реализация работы.* Основные научные положения и выводы рецензируемой работы обладают целым рядом научных и практических достижений. На основе теоретических исследований процесса резания грунта, содержащего каменистое включение с применением теории предельного напряженного состояния и экспериментальных исследований по резанию грунта на стенде физического моделирования получены основные выводы и рекомендации. Соответствие разработанных аналитических выражений, математических моделей проверялись экспериментальными исследованиями в лабораторных условиях, а также в полевых условиях на натурной технике. Для обработки эмпирической совокупности применялся статистический анализ. В экспериментальных исследованиях применялся одно и многофакторное планирование, и полевое испытание на натурной машине. В связи с тем, что в настоящее время эффективность резания грунта оценивается на основе удельных силовых затрат на единицу площади разрушения, разработанные автором математические регрессионные модели локальной энергоемкости по видам разрушения грунтов, позволяют комплексно, в энергоемкостном аспекте оценивать разрушение грунта. А эффективность предлагаемых технических решений по улучшению рабочих органов можно оценивать посредством изменения усталостной долговечности и методики расчета технической производительности экскаваторов. Совершенствование конструкций режущего инструмента на основе предлагаемых практических рекомендаций способствуют снижению линии приложения режущей кромки на поверхность каменистого включения, и внедрении камня в массив грунта на небольшую глубину, тем самым снизить энергоемкость резания каменистых грунтов землеройными машинами.

На основе полученных аналитических зависимостей разрушения грунтов можно автоматизировать процесс разработки как однородных грунтов, так и грунтов с каменистыми включениями.

*Обширный анализ литературы.* Автор подробно рассматривает предыдущие исследования в данной области, что подчеркивает качество подготовки и глубину аналитического подхода.

*Общая оценка научной работы соискателя.* В процессе выполнения программы исследований, решения технических и технологических задач, автором получены ряд новых научных результатов имеющих, как практическое, так и теоретическое значение. Результаты исследований не вызывают сомнений.

*Замечания и предложения.* Вместе с тем в диссертации имеются отдельные упущения и недостатки:

1. Описание методологии исследования оставляет некоторые вопросы

без ответов. Например, неясно, каким образом были выбраны определенные методы исследования;

2. В некоторых случаях работа может страдать от ограниченности эмпирическими данными. Например, представительность выборки при определении частоты появления грунтов с каменистыми включениями по территории КР;

3. Не приводится применимость результатов работы для случая резания грунтов с каменистыми включениями широкими ножами, т.к. большинство землеройных машин имеют рабочий орган с широкими ножами;

4. План эксперимента предусматривает только линейную регрессионную модель, когда некоторые закономерности могли описываться нелинейной моделью;

5. Работа могла бы стать более убедительной, если бы уделила должное внимание возможным альтернативным гипотезам или подходам к изучаемой проблеме. Это помогло бы укрепить научный характер исследования.

Отмеченные недостатки не влияют на общую положительную оценку диссертации. Совокупность основных положений и выводов можно квалифицировать как существенный вклад в теории резания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин.

*Внедрение результатов диссертации в практику.* Практические рекомендации диссертационной работы внедрены в Таласский филиал ГП «Автожол» при Министерстве транспорта и коммуникаций КР, в ДЭП № 47 при Министерстве транспорта и коммуникаций КР, в муниципальное предприятие по оказанию коммунальных услуг г. Талас и в учебный процесс направления: 670100 – Наземные транспортно-технологические машины и комплексы и подтвердили достоверность основных положений и заключения по диссертации.

*Полнота публикаций в печати.* По материалам диссертационного исследования опубликованы свыше 34 научных статей в отечественных и зарубежных научных изданиях, в том числе 2 научные статьи в журнале, размещенного в базе данных «Scopus». В этих публикациях отражены основные результаты диссертационной работы, получены 8 патентов на изобретение и полезную модель КР, отражающие сущности практических рекомендаций, направленных на повышение эксплуатационной эффективности землеройной техники при разработке грунтов, содержащих каменистые включения.

Отдельные положения и работа в целом докладывались на МНПК «Автомобильные дороги и транспортная техника: проблемы и перспективы развития» (Алматы, 2014 г.); на МНПК «Развитие транспортной системы как катализатор роста экономики государства», (Красноярск, 2016 г.); на МНПК «Научное обеспечение как фактор устойчивого развития водного хозяйства», (Тараз, 2016 г.), на МНПК «Высокие технологии. Экология», (Воронеж, 2020 г.), на МНПК «Строительная наука и образование: интеграция вузовской науки в устойчивое инновационное развитие страны», (Бишкек, 2022 г.).



**Заключение.** Диссертационная работа Тургунбаева М.С. на тему «Особенности копания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин» выполнена на актуальную тему, на современном методическом уровне, содержит научную новизну, имеет практическую ценность и применимость, является завершенной научной квалификационной работой, в ней содержится основа теории резания грунтов с каменистыми включениями, и пути повышения эффективности разработки связных каменистых грунтов землеройными машинами, что соответствует требованиям НАК КР, предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины. После внесения дополнений, исправлений может быть представлена к публичной защите в Диссертационном совете при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова.

**Ответ аспиранта рецензенту:**

Уважаемый Ислам Эсенкулович, спасибо Вам за детальное рассмотрение, за положительную оценку нашей работы. Разрешите ответить на Ваши замечания:

1. В работе применяются теоретические методы исследования: статистический анализ, системный анализ, классификация, математическое моделирование, статистическое моделирование и практические методы исследования: приближенное физическое моделирование, однофакторный и многофакторный эксперимент, применение которых исходят из задачи диссертационного исследования;

2. Вероятность появления грунтов с каменистыми включениями определена по 4 строительно-климатическим районам КР, т.е. представлена вся территория страны, а для представления подрайонов территории страны можно увеличить количество паспортов грунтов. Согласен с замечанием.

3. Методику расчета локальной энергоемкости разрушения грунтов с каменистыми включениями можно применить для всех землеройных машин, работающих по принципу срезания определенной толщины грунта, в том числе имеющие широкие ножи.

4. Полно факторный эксперимент на 2-х уровнях с участием 3-х факторов позволяет оценить и коэффициенты нелинейной экспоненциальной регрессионной модели. В результате реализации полно факторного эксперимента получены нелинейные модели коэффициента локальной энергоемкости разрушения грунтов с эллипсоидным и эллипсоидно-суженным каменистым включением.

5. Альтернативным подходом для описания деформирования и разрушения грунтов может быть применение механики дискретной среды. Однако применение ее связано с большими сложностями, не имеется в настоящее время законченной теории для описания поведения грунтов.

**Второй рецензент.**

**2. Мендекеев Р.А. - д.т.н., профессор.**

1. *Актуальность темы.* Разработка грунтов с каменистыми

включениями, удельный вес которых по территории КР составляют более 20 % землеройными машинами сопровождается повышением силы резания, энергоемкости разрушения грунтов. Крупные каменные включения становятся концентраторами напряжений, источниками случайных нагрузений и вызывают снижение производительности землеройных машин, преждевременные усталостные разрушения их металлоконструкций. В связи с этими исследование закономерностей резания грунтов с каменными включениями, разработка основы теории их резания, установление путей повышения эффективности землеройных машин при разработке каменных грунтов приобретают обоснованную актуальность темы исследования.

Диссертационная работа состоит из введения, 6 глав, заключения и приложений, содержит 250 страниц основного текста, включает 91 рисунок, 30 таблицы. Список использованной литературы состоит из 228 наименований.

*В первой главе* проведен анализ опыта разработки грунтов с каменными включениями землеройными машинами, обзор исследований разрушения однородных грунтов, и грунтов, содержащих каменные включения на основе теоретико-экспериментальных подходов, основных положений механики грунтов, методов физического моделирования процесса резания грунтов рабочими органами землеройных машин.

*Во второй главе* установлены стохастические характеристики грунтов с каменными включениями: вероятность появления грунтов с каменными включениями по территории КР, их вероятностный диапазон изменения физических и механических свойств. Определены классификация крупных обломочных каменных включений, законы распределения минералов и минеральных частиц грунтов с каменными включениями. При этом использовалась современная программная система «Statistica». Для соблюдения условий приближенного физического моделирования процесса резания грунта, содержащего каменное включение разработаны критерии подобия.

*Третья глава* посвящена разработке основы теории резания связного дисперсного грунта с каменным включением с использованием пассивного давления грунта, метода разбиения поверхности камня на элементарные полосы, принципа суперпозиции сил. В результате разработаны математические модели силы сопротивления зоны заполнителя, каменной зоны в отдельности, а в совокупности силы сопротивления грунта, содержащего шаровидное/эллипсоидное каменное включение резанию режущим инструментом рабочего органа землеройной машины. Разработана пространственная модель прорези разрушения грунта с каменным включением, позволяющая аналитически определять силу сопротивления в боковых частях прорези разрушения.

*Четвертая глава* посвящена экспериментальным исследованиям процесса разрушения по установлению основных закономерностей разрушения грунта в зависимости от параметров грунта, каменного

включения и резания на специальном стенде. Разработан план полно факторного эксперимента, позволяющий получать линейные и нелинейные регрессионные модели. Многообразия разрушения грунтов в зависимости от координаты действия режущей кромки на каменистое включение систематизированы.

В пятой главе проведен сравнительный анализ результатов двумерных и трехмерных моделей прогнозирования силы сопротивления резанию с данными исследований советских и зарубежных исследователей. Разработаны математические модели энергии и объема прорези разрушения, математические регрессионные модели локальной энергоемкости разрушения грунтов, содержащих различные каменистые включения. При этом используется современный программный комплекс «*Statistica*». Проведен вычислительный анализ изменения локальной энергоемкости разрушения в зависимости от параметров грунта, каменистого включения и резания грунта. По результатам теоретических и экспериментальных исследований определены пути повышения эффективности разработки связных грунтов, содержащих каменистые включения и снижения их локальной энергоемкости разрушения рабочим органом землеройной машины.

Шестая глава посвящена практическим рекомендациям, и техническим решениям и на их основе решены вопросы снижения вредного влияния боковой силы резания, локальной энергоемкости разрушения и повышения эффективности разработки грунтов с каменистыми включениями землеройными машинами. Разработана методика расчета локальной энергоемкости разрушения, программа расчета силы сопротивления грунта, содержащего каменистое включение резанию в *Visual Basic Excel*. Составлены методика расчета усталостной долговечности локальных участков металлоконструкции ковша экскаватора в современном программном комплексе «*ANSYS*», методика расчета технической производительности одноковшовых экскаваторов при разработке каменистых грунтов.

2. *Основные научные и практические результаты.* Основные положения работы, выносимые на защиту сформулированы верно, включает 7 пунктов. Основные результаты, заключения и практические рекомендации, полученные соискателем, вытекают из теоретических и экспериментальных исследований резания дисперсного грунта, содержащего отдельное каменистое включение, моделированного на основе закона распределения его минералов и минеральных частиц. Физические характеристики модельных грунтов получены в сертифицированной грунтово-химической лаборатории ОАО «Кыргызский головной институт инженерных изысканий». Приближенное физическое моделирование процесса резания грунта проводится с соблюдением соответствующих критериев подобия, применение современной измерительной и цифровой видео аппаратуры позволили автору получить достоверные данные о закономерностях разрушения грунта, содержащего крупное каменистое включение. Математические регрессионные модели локальной энергоемкости, разработанные посредством программного

комплекса «*Statistica*» учитывают параметры грунта, каменистого включения, резания и виды разрушения грунта, содержащего каменистое включение, а программный комплекс «*Ansys*» оценивают ресурс работы локальных участков металлоконструкций землеройных машин доступны для использования в ЭВМ.

3. *Достоверность научных положений* и рекомендаций обоснована проверкой соответствия разработанных математических моделей и аналитических зависимостей результатам экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных условиях на стенде физического моделирования разрушения грунтов, а также в полевых условиях на натуральных машинах.

4. *Методы исследования.* В работе используются теоретические методы определения силы сопротивления резанию, энергоемкости разрушения грунтов с каменистыми включениями при помощи математических моделей. Решение и анализ математических моделей силы сопротивления резанию грунта с каменистым включением, локальной энергоемкости осуществлялись аналитическими и численными методами с использованием языка программирования *Visual Basic Excel* на ПЭВМ. Для обработки эмпирической совокупности применялся статистический анализ. Для оценки достоверности результатов, выводов и рекомендаций, полученных при теоретических исследованиях, применялись экспериментальные исследования на стенде физического моделирования разрушения грунтов в лабораторных условиях с использованием методов одно и многофакторного планирования, а также исследования в полевых условиях на натурной машине.

Разработанные математические регрессионные модели локальной энергоемкости по видам разрушения грунтов с каменистым включением позволяют оценить эффективность разрушения грунтов режущим инструментом землеройной машины в энергоемкостном аспекте. Следует отметить для этого впервые вводится параметр – длина резания. С помощью методики определения усталостной долговечности и методики расчета технической производительности одноковшовых экскаваторов можно комплексно оценить предлагаемых технических решений по совершенствованию рабочих органов при разработке каменистых грунтов.

5. *Предлагаемые практические рекомендации* по снижению линии приложения режущей кромки на каменистое включение при его естественной глубине залегания способствует снижению энергоемкости и повышению производительности машины, а адаптируемый рабочий орган – к снижению динамичности процесса разрушения грунтов с каменистыми включениями. Аналитические зависимости, определяющие силы сопротивления грунта разрушению в дальнейшем можно использовать для автоматизации процесса разрушения грунтов с каменистыми включениями землеройными машинами.

6. *При личном участии автора* разработан стенд для физического моделирования процесса резания грунтов, содержащих каменистые включения, разработаны методика расчета локальной энергоемкости разрушения грунтов с каменистыми включениями, методика оценки

усталостной долговечности локальных участков металлоконструкции рабочего органа экскаваторов, методика расчета технической производительности одноковшовых экскаваторов, а также пути повышения эффективности эксплуатации землеройных машин.

7. По результатам исследований опубликованы 34 научных статьей в отечественных и зарубежных научных изданиях, том числе 2 научные статьи в журнале в БД «Scopus». Получены 8 патентов на изобретение и полезную модель КР, в которых отражены практические рекомендации по повышению эффективности землеройных машин.

#### 8. Замечания и пожелания по диссертации.

По содержанию почти 80 % материалов диссертации теоретического характера, 20 % экспериментальные исследования. По моему мнению, на основе материалов диссертации, можно считать, что в работе была развита теория, а именно заложены основы теории резания рабочими органами землеройных машин грунтов с каменистыми включениями, которые нуждаются, конечно, в дальнейшем развитии, в доработке, уточнении и дополнении. Мне кажется, основная заслуга работы и ее автора состоит именно в этом. Что касается экспериментальной части, это хорошо, что она есть, в определенной степени она как раз подтверждает правильность разработанных теоретических положений, но лишь предварительно. Поэтому предложенная теория требует дальнейшего широкомасштабного опытного подтверждения и развития. В связи с этим, название данной диссертации – «Особенности копания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин», также может быть уточнена. Во-первых, в работе везде, включая научную новизну, говорится о резании грунтов с каменистыми включениями, нет акцента на копание.

Во-вторых, для докторской диссертации, было бы более солидно, звучно названия типа «научные основы чего-то», например, «Разработка научных основ теории резания рабочими органами землеройных машин грунтов с каменистыми включениями». Такое название более соответствовало бы содержанию работы и было бы более солидным, было бы определенным вкладом кыргызской науки в мировую науку. Встречаются некоторые путаницы в нумерациях формул и иллюстраций, стилистические недостатки, опечатки и др. недостатки по правилам оформления текста диссертации, которых автор может легко исправить.

**Заключение.** Текст работы в целом изложен грамотно, научным техническим языком, главы имеют логическую последовательность и взаимосвязь. Выводы и рекомендации аргументированы, содержание диссертации соответствует паспорту научной специальности 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины, отвечает требованиям НАК КР, предъявляемым к докторским диссертациям по техническим наукам.

На основании изложенных считаю, что диссертацию Тургунбаева М.С. можно рекомендовать к публичной защите в Диссертационном совете при

КГТУ для соискания искомой ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.04.

**Ответ аспиранта рецензенту:**

Уважаемый Райымкул Абдымананович, спасибо Вам за детальное рецензирование, за пожелания, за положительную оценку нашей работы. Ваши замечания и пожелания будут учтены при окончательном оформлении работы.

**ВЫСТУПИЛИ:**

**Садиева А.Э. – д.т.н., профессор.** Я знаю соискателя как целеустремленного специалиста, он несколько раз докладывал о результатах диссертационной работы на расширенных заседаниях кафедры механики, выполнен солидный объем работы, имеются научная новизна, практическая ценность и применимость, следовательно, соответствие требованиям, предъявляемым для соискания ученой степени доктора технических наук, и может быть представлена для публичной защиты в диссертационном совете.

**Председатель – к.ф.-м.н., доцент Доталиева Ж.Ж.**

Диссертационная работа Тургунбаева М.С. выполнена на актуальную тему, выполнена на высоком научном, методологическом уровне, содержит научную новизну, практическое значение. После внесения исправлений, согласно замечаниям рецензентов может быть представлена в Диссертационном совете при Кыргызском государственном техническом университете им. И. Раззакова, как соответствующая требованиям НАК при президенте КР предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины.

После обсуждения принято:

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ** по предварительной апробации диссертационной работы соискателя Тургунбаева М.С. на тему «Особенности копания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.04 – дорожные, строительные и подъемно-транспортные машины.

*Наиболее существенные научные результаты и их новизна*

Разработанная и предложенная автором основы теории расчета силы сопротивления резанию грунтов, содержащих различные каменистые включения, позволяющие аналитически определять силу разрушения грунта с применением его пассивного давления, моделирование структуру и свойства грунтов на основе законов распределения минеральных частиц, позволяющее определять силовые и энергетические затраты разрушения грунтов с каменистыми включениями, и математические регрессионные модели локальной энергоемкости разрушения, способствующие аналитическому определению энергетических затрат разработки грунтов с каменистыми включениями являются новыми результатами. Для этого впервые дано определение и вводится новый параметр – длина резания грунта. Методика расчета усталостной долговечности, позволяющая прогнозировать ресурс

работы локальных участков металлоконструкции землеройной техники, методика расчета производительности, позволяющая определить техническую производительность одноковшовых экскаваторов в зависимости от энергии разрушения грунтов также разработаны автором впервые.

#### *Оценка достоверности научных положений*

Приближенное физическое моделирование процесса резания грунта с соблюдением соответствующих критериев подобия, применение современной измерительной и цифровой видео аппаратуры позволили автору получить достоверные данные о закономерностях разрушения грунта, содержащего каменистое включение. Физические характеристики модельных грунтов получены в сертифицированной грунтово-химической лаборатории ОАО «Кыргызский головной институт инженерных изысканий». Математические регрессионные модели локальной энергоемкости, разработанные посредством программного комплекса «*Statistica*» учитывают параметры грунта, каменистого включения, резания и виды разрушения грунта, содержащего каменистое включение, а программный комплекс «*Ansys*» оценивает ресурс работы локальных участков металлоконструкций землеройных машин, доступны для использования в ЭВМ.

Достоверность научных положений и рекомендаций обоснована проверкой соответствия разработанных математических моделей и аналитических зависимостей результатам экспериментальных исследований, проведенных в лабораторных условиях на стенде физического моделирования разрушения грунтов, и в полевых условиях на натурной машине.

#### *Практическая ценность и реализация результатов диссертации*

Практическая ценность результатов исследований заключается в методике расчета локальной энергоемкости разрушения грунта, содержащего различное каменистое включение, реализованной в программе *Visual Basic Excel*, позволяющая комплексно оценивать энергетические затраты на разрушение единицы объема грунта, в методике расчета усталостной долговечности локальных участков металлоконструкции, в методике расчета технической производительности экскаваторов при разработке грунтов с каменистыми включениями, которые призваны интегрально оценивать совершенство предлагаемых практических рекомендаций, технических решений. Предлагаемые технические решения изменяют координаты приложения режущей кромки на каменистое включение, тем самым снижают динамичность и локальную энергоемкость процесса разработки грунтов с каменистыми включениями землеройными машинами.

Практические рекомендации докторской диссертационной работы внедрены в Таласский филиал ГП «Автожол» при Министерстве транспорта и коммуникаций КР, в ДЭП № 47 при Министерстве транспорта и коммуникаций КР, в муниципальное предприятие по оказанию коммунальных услуг г. Талас и в учебный процесс направления: 670100 – Наземные транспортно-технологические машины и комплексы.

#### *Рекомендации по дальнейшему использованию результатов*

исследований

В мире наблюдается тенденция автоматизации землеройных работ. Разработанные аналитические выражения позволяют определить силу сопротивления разрушению на режущей кромке на основе идентификации цифровых грунтовых условий, составленных с помощью грунтового фона КР с учетом грунтов, содержащих каменистые включения.

На основе локальной энергоемкости разрушения в перспективе будут уточняться группа грунтов с каменистыми включениями по трудности разработки землеройными машинами.

Прошу проголосовать.

**Голосование:** «За» - 28; «Против» - нет, «Воздержавшиеся» - нет.

Принято единогласно. Спасибо.

**ПОСТАНОВИЛИ:**

1. Диссертационная работа Тургунбаева М.С. выполнена на актуальную тему, выполнена на высоком научном, методологическом уровне, содержит научную новизну, большое практическое значение. На основе разработанной основе теории резания, установленных закономерностей процесса разрушения грунта, влияющих на повышение эффективности разработки грунтов с каменистыми включениями землеройными машинами, представленная работа является законченным самостоятельным научным исследованием, отвечающим требованиям, предъявляемым к докторским диссертациям.

2. Принять положительное заключение по диссертационной работе Тургунбаева Мелисбека Сыргабаевича на тему «Особенности копания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин», и рекомендовать к дальнейшему рассмотрению в диссертационном совете при КГТУ им. И. Раззакова на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.05.04 – строительные, дорожные и подъемно-транспортные машины.

3. Рекомендовать соискателю Тургунбаеву М.С. внесение корректировки в тему диссертационной работы и переутвердить на ученом совете КГТУ им. И. Раззакова в следующей редакции «Научные основы теории резания грунтов с каменистыми включениями рабочими органами землеройных машин».

**Председатель:**

Заведующая кафедрой  
механики и промышленной инженерии  
к.ф.-м.н., доцент

**Секретарь:**

к.ф.-м.н., доцент

  
Доталиева Ж.Ж.  
  
Асаналиева Т.М.  
27.01.2024  
  
  
Копун тастыктайм  
Адам ресурстар  
башкармалыгынын башчысы