**МОРФОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА МЕТОДОМ «СТЕНА В ГРУНТЕ»**

**Жунусбекова Жанара Жумашкызы – доктор PhD**

**Рук. Кадыров Адиль Суратович – д.т.н., профессор**

**Карагандинский государственный технический университет, кафедра «Транспортная техника и логистические системы», г. Караганда, Республика Казахстан**

***Аннотация***

Строительство в Казахстане является одной из ведущих отраслей, оказывающей значительное влияние на развитие огромного количества смежных отраслей экономики Республики Казахстан. Ни одно строительство не обходится без строительно-дорожной техники. Несмотря на позитивные сдвиги в отрасли с парком основных строительных машин дела по-прежнему обстоят неважно. Приобретение новых базовых машин, оборудованных рабочими органами, очень дорого. Экономически целесообразна разработка навесных рабочих органов на базовые машины,существующие в казахстанских предприятиях.

В связи с данной проблемой в предлагаемой статье рассматривается метод морфологического анализа для выявления новых видов рабочих органов землеройных машин. Определены основные классификационные признаки рабочих органов землеройных машин. Установлено количество траекторий движения рабочего органа.

Представлено морфологическое дерево, в результате которого выявлены 484 возможных и существующих конструкций рабочих органов землеройных машин. Сформулирован свод условий, исключающих из множества гипотетических рабочих органов неприемлемые варианты, для гидромеханических и механических рабочих органов.

***Ключевые слова:*** *землеройная машина, рабочий орган, стена в грунте, методика, морфологический анализ, строительство, классификационные признаки, морфологическое дерево, траектория движения, конструкция.*

**Введение**. Реализация индустриально-инновационных и инфраструктурных проектов в рамках госпрограмм «Нурлы жол», государственной программы индустриально-инновационного развития  и других обеспечивает рост жилищного строительства в Казахстане.

Увеличивающиеся плотность и этажность застройки диктуют строительным компаниям новые условия, а именно: применение технологий подземного строительства, перенос активных объектов городского ландшафта – магазинов, парковок, пешеходных переходов – под землю. В последнее время актуальность задачи возросла в связи с появившимся и ежегодно растущим спросом на подземные многоуровневые автостоянки, расположенные под строящимися жилыми домами.

В стесненных, сложных городских условиях строительство новых зданий и технических сооружений, как правило, проводится с применением технологии «стена в грунте».

Технология «стена в грунте» – один из наиболее современных, инновационных строительных методов возведения фундаментов зданий или установки ограждающих конструкций, он также широко применяется в городах для постройки подземных тоннелей, метро, автостоянок, гаражей. При этом способе не отрываются котлованы и не возникает необходимость разрушения рядом стоящих зданий. Также позволяет избежать дорогостоящих работ по водоотливу, водопонижению, замораживанию и цементации грунтов, дает возможность экономить строительные материалы, снижает энергоемкость строительства [1, 2].

Реализация такой технологии невозможна без специального, мощного и высокопроизводительного землеройного оборудования, в частности бурильных и фрезерных машин. Разработка новых высокопроизводительных рабочих органов землеройных машин, специально предназначенных для технологии «стена в грунте», позволит значительно повысить эффективность этого способа. Приобретение базовых машин, оснащенных рабочими органами для проходки траншеи и скважин, очень дорого. Экономически целесообразна разработка навесных рабочих органов на существующие в казахстанских предприятиях базовые машины, что позволит повысить эффективность строительства за счет уменьшения капиталовложений. В связи с этим задача разработки методов расчета конструкций и определения режимов работы рабочих органов землеройных машин является актуальной.

**Материал и методы исследований.** Суть предлагаемого способа заключается в прогнозировании методом динамического морфологического анализа гипотетических конструкций рабочих органов землеройных машин.

Применяется следующая последовательность для достижения цели:

- определение классификационных признаков;

- установление количества траекторий движения рабочего органа;

- установление множества гипотетических конструкций рабочего органа.

Классификационными признаками приняты:

1. Способ разрушения грунта:

- механический, гидромеханический и струйный. Гидромеханический способ подразумевает, что резец рабочего органа оснащен соплом, включающимся при увеличении прочности грунтов [3]. Струйный подразумевает разрушение грунта струей высокого давления.

2. Траектория движения инструмента.

3. Среда функционирования: жидкая (глинистый раствор, вода), воздух.

4. Способ транспортирования разрушенного грунта: механический (шнек, ковш, винт, элеватор), гидравлический (грунтовой насос или эрлифт).

5. Цикл работы: непрерывный, позиционный, цикличный.

6. Навеска рабочего органа на базовую машину: жесткая, гибкая.

Способы разрушения грунта по морфологическому дереву дают нам три варианта рабочего органа.

Важнейшим классификационным признаком является траектория движения рабочего органа. Введение его в морфологическое дерево позволяет сделать морфологический анализ динамическим методом прогнозирования. По общности характера нагружения разделим траектории на три группы: к первой группе отнесем траектории с поступательным движением, включая наклонные переносные движения; ко второй группе – траектории, имеющие поступательное и одно вращательное движение; к третьей – поступательное и два вращательных движения [4].

Количество элементарных движений (степеней свободы) является необходимой информацией при конструировании привода рабочего органа. Каждое элементарное движение может создаваться отдельными или общим приводом и какой-либо трансмиссией.

Существуют рабочие органы, состоящие из двух или нескольких отдельных элементов, например, двухбаровая машина, многоковшовый экскаватор и т.д.

Траектория движения элементов рабочего органа таких машин одинакова или симметрична. Симметричность позволяет достигать уравновешивания реактивных моментов. В связи с этим при анализе нагружения рабочего органа необходимо учитывать, что движение рабочего органа может осуществляться, например, по двум симметричным или нескольким одинаковым траекториям. Предварительный анализ возможных траекторий показывает, что к первой группе относятся рабочий орган экскаваторов, драглайнов, скребков, ко второй – бурильных и фрезерных машин, дисковых щелерезов. К третьей – машины, оснащенные инструментом, имеющий два элементарных вращения, например шарошками, используемыми при бурении скважин при добыче нефти или газа. Объединяет все эти машины физический процесс разрушения грунта резанием.

Далее по результатам анализа построено морфологическое дерево (рисунок 1) [5]. Исходя из матрицы на рисунке 2 включено 28 траекторий. Гидромеханические рабочие органы будут иметь столько же траекторий движения. В соответствии с этой схемой в древо включится 9 траекторий движения струйных рабочих органов.Учтем третий классификационный признак – среду функционирования. Струйные и гидромеханические рабочие органы могут функционировать только в жидкой среде, механические также в сухом забое. Внесение в древо этих признаков увеличивает количество траектории на 28.

Учтем способ транспортирования разрушенного грунта. В струйном и гидромеханическом способе разрушения транспортирование может осуществляться только гидромонитором и (или) эрлифтом. При механическом разрушении грунта транспортирование возможно шнеком (Ш), ковшом (К), винтом (В), элеватором (Э).

Г Ж Г Ж Г Ж Г Ж Г Ж Г Ж Г Ж Г Ж Г Ж Г Ж

9 9 9 9 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28 28

 5

Н Н Н Ц Ц Ц Н Н Н Н

9 9 28 28 28 28 28 28 28 28

 4

ГН Эр Ш В К Э Г Эр ГН ГН

9 9 28 28 28 28 28 28 28 28

 3

 Р В Р Р

 9 28 28 9

 2

С  М ГМ

 9 28 28

 1

 РО

 РО

*Примечание.* 1 уровень - способ разрушение грунта; 2 уровень – среда функционирования; 3 уровень – способ транспортирования; 4 уровень – цикл работы; 5 – навеска на базовую машину; С – струйный; М – механический; ГМ – гидромеханический; Р – раствор; В – вода; ГН – грунтовый насос; Эр – эрлифт; Ш – шнек; В – винт; Э – элеватор; Г – гидромонитор; Н – непрерывный; Ц – цикличный; Г – гибкая; Ж – жесткая; n –количество траекторий движения.

Рисунок 1 – Морфологическое дерево рабочих органов

На конечных ветвях дерева получили 484 возможных рабочих органа. В пределах данной работы не рассматриваются струйные рабочие органы, в связи с этим далее сформулирован свод условий, исключающих из множества гипотетических рабочих органов неприемлемые варианты для гидромеханических и механических рабочих органов:

– рабочий орган обязательно должен иметь траекторию движения;

– при наличии двух возможных симметричных траекторий движения в одном рабочем органе число элементов из условия динамической стабилизации реактивных моментов должно быть только четным;

– при гидромеханическом разрушении грунта невозможны механический и пневматический способы транспортирования;

 – при цикличной работе машины невозможно транспортирование шнеком, элеватором, пневмотранспортером, гидротранспортером;

– транспортирование шнеком, элеватором и пневмотранспортером исключается в среде глинистого раствора [6].

Далее приводится описание возможной конструкции рабочего органа землеройной машины, применяемое при строительстве способом «стена в грунте».

Оборудование проходческое навесное ОПН-1 служит как для проходки траншей, так и для проходки скважин.

Оборудование проходческое ОПН-1 является навесным рабочим органом к экскаватору ЭО-5122А [7, 8]. Его составными элементами являются исполнительный орган 1, колонна 2, полиспастная система 3, система управления 4 [9].

Исполнительный орган оборудования проходческого ОПН-1 состоит из резцовой коронки 1, проставки 2, рукояти 3, редуктора планетарного 4, гидромотора 5 (рисунок 1).

Резцовая коронка исполнительного проходческого органа оборудования заимствована с проходческого комбайна ГПК [10, 11, 12]. Она оснащена резцами типа РКС. В полости резцовой колонки размещен планетарный редуктор. У основания резцовой колонки вварен фланец, к которому крепится вращающаяся часть планетарного редуктора.

Рукоять исполнительного органа представляет собой ступенчатую стреловидную конструкцию круглого сечения. С определенным соотношением плеч на рукояти размещен шарнирный узел для крепления исполнительного органа к колонне. Шарнирная подвеска обеспечивает исполнительному органу две степени свободы во взаимно перпендикулярных плоскостях. Торец рукояти, обращенный к забою, имеет фланец, к которому болтами крепится проставка. Проставка выполняет роль центрирующей втулки. По обе стороны к ней соосно крепятся гидромотор и планетарный редуктор. Противоположный конец рукояти выполнен в виде цилиндрического хвостовика со шпонкой по всей его длине. Хвостовик рукояти находится в контакте с планшайбой механизма регулировки угла наклона исполнительного органа. При поступательном перемещении планшайбы вдоль хвостовика рукояти осуществляется регулировка угла наклона исполнительного органа относительно оси скважины. Изменением угла наклона достигается разработка скважины диаметром до 1 700 мм [13, 14].



Рисунок 1 – Оборудование проходческое навесное

1 – орган исполнительный; 2 – колонна; 3 – система полиспастная; 4 – система управления; 5 –гидромотор

Привод проходческого оборудования – гидромеханический с бесступенчатым регулированием скорости вращения резцовой колонки. Гидромотор подключен к гидросистеме базовой машины. Крутящий момент, развиваемый гидромотором, усиливается планетарным редуктором и передается на фрезы посредством шлицевой муфты.

Разработка грунта при бурении и его планировании поступательным движением рабочего органа производится соответствующими грунторазрушающими головками. Грунторазрушающая головка соединена с фланцем кронштейна, который является соединительным элементом рабочего органа с рукоятью экскаватора. Конструктивные параметры кронштейна удовлетворяют условию взаимозаменяемости сменного оборудования.

Приводом для грунторазрушающей буровой головки является гидромотор, который питается от маслостанции базовой машины. Напорная и сливная магистрали комплектуются из трубопроводов и дополняются рукавами высокого давления в местах шарнирного сочленения стрелы, рукояти и рабочего органа между собой.

Внедрение рабочего органа в грунт (бурение) и его поступательное перемещение (планирование) осуществляется напорным усилием гидроцилиндров стрелы и рукояти, а также крутящим моментом гидромотора рабочего органа. Рабочий орган установки ОПН-1 на первом этапе осуществляет забуривание, а затем происходит сплошная отработка забоя [15].

**Выводы.** Новизной проведенного морфологического анализа является включение траекторий движения рабочих органов в классификационные признаки, что позволяет разработать уравнения их движения.

Таким образом, необходимыми и достаточными признаками для однозначной характеристики конструкции рабочего органа являются способ разрушения грунта, характеристика рабочей среды, вид исполнения разрушающего и транспортирующего орудия, способы транспортирования, режим работы (технологический), вид навески рабочего оборудования и траектории движения рабочих органов.

Число сочетаний данных признаков обусловливает размер множества выражений, описывающих конструкции гипотетических рабочих органов.

Полученное множество выражений послужит в дальнейшем базой для составления дифференциальных уравнений движения рабочих органов.

Библиографический список

1 Государственная программа индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы. Указ Президента Республики Казахстан от 1 августа 2014 года № 874.

2 Kadyrov A.S., Muldagaliev Z.A., Nurmaganbetov A.S., Kurmasheva B.K. Theoretical bases of designing boring and milling digging machines. Monograph. Karaganda: Sanat-Poligraphy, 2010. – 220 p.

3 Федоров Д.И. Рабочие органы землеройных машин. - М.: Машиностроение, 1990. - 360 с.

4 Кадыров А.С., Курмашева Б.К., Жунусбекова Ж.Ж. Морфологический анализ конструкций машин, применяемых при строительстве траншейных фундаментов // Матер. 10-й междунар. науч.- практ. конф. «Достижение высокой химии». - София: ООД «Бял ГРАД-БГ», 2014. – Т.15. – С. 13-19.

5 Zhunusbekova Zh. Zh., Kadyrov A. S. Study of digging machine flat element loading in clay solution // Scientific Bulletin of National Mining University Scientific and technical journal No 2 (152), Dnipropetrovsk, State Higher Educational Institution “National Mining University”, 2016. – S. 30-34.

6 Кадыров А.С., Мулдагалиев З.А., Жунусбекова Ж.Ж., Сериков Ш.М. Оборудование для бурения скважин переменного диаметра // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук. – 2016. - №03(86). – С.128-132.

7 Иннов. пат. 31163 РК. Оборудование для бурения скважин перемен-ного диаметра / А.С. Кадыров, Ж.Ж. Жунусбекова, Ш.М. Сериков, Ж.К. Омаров; опубл. 23.09.2015, Бюл. №5. – 3 с.

8 Кадыров А.С., Жунусбекова Ж.Ж. Стенд СПУ-2 // Materials of the XI International scientific and practical conference, «Science without borders», March 30 – April 7, 2015. Technical sciences. Volume 23 Sheffield. Science and education LTD. S.44-46

9 Кадыров А.С., Амангельдиев Н.Е., Жунусбекова Ж.Ж. Математическая модель процесса резания грунта фрезерным рабочим органом // Вестник государственного университета имени Шакарима, Выпуск №2 (78), Семей, 2017. – С. 47-51.