

ПРИМЕНИМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ К ОТРАБОТКЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ И ПОДКАПЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

Друздь С. Н., аспирант¹

Техникум электрификации Днепропетровского государственного аграрного университета

Тел. (0562)- 464-072

Гаврильченко А.С., к.т.н.

Конащук В.В., аспирант¹

Днепропетровский государственный аграрный университет

Тел. (056)- 713-51-92

Аннотация – В работе обобщен опыт отработки конструктивных параметров почвообрабатывающих машин с применением различного вида моделей.

Ключевые слова - почвообрабатывающие машины, моделирование.

Постановка проблемы. В процессе исследований, направленных на создание новых и совершенствование существующих машин все чаще находит применение моделирование. Сущность метода заключается в том, что в ходе изучения некоторого объекта последний заменяется подобным ему вспомогательным представлением, называемым моделью.

Большинство исследователей, работающих в области разработки почвообрабатывающих, мелиоративных и дорожно-строительных машин широко используют методы моделирования. В основном это физическое и математическое моделирование, как наиболее отработанные. В то же время, существуют и другие, не менее эффективные виды моделирования, способные существенно облегчить задачу отработки конструкции рабочего органа, особенно при использовании нескольких видов в сочетании друг с другом.

Анализ исследований. Анализ исследований показывает: применительно к почвообрабатывающим машинам возможно применение следующих видов моделирования (рис.1.).

© инженер Друздь С. Н., доцент Гаврильченко А.С., инженер Конащук В.В.

¹ - науковий керівник к.т.н., Волик Б.А.



Рисунок 1 – Виды моделирования при исследовании почвообрабатывающих орудий.

Формы и виды моделирования весьма разнообразны, хотя все они преследуют одну цель: воссоздать изучаемое явление в лабораторных условиях и дать возможность выявить его закономерности. Так, для отработки конструктивных параметров почвообрабатывающих и землеройных машин широко используется проведение экспериментов в почвенном канале с использованием как естественного грунта, так и модельной среды (физическое моделирование). Методы физического моделирования являются приближенными методами анализа происходящих процессов и довольно эффективны на начальных стадиях проектирования машин.

Методы физического моделирования особенно подробно разработаны Баловневым В.И. [1], который установил критерии подобия и условия физического моделирования рабочих процессов землеройных машин. Им было доказано, что с помощью физических моделей рабочих органов возможно получение всей картины взаимодействия с почвой, как качественной, так и количественной. Согласно этой теории, при моделировании необходимо добиться равенства системы критериев подобия, в которые входят как показатели модельной среды, так и размерные характеристики модели орудия.

Наряду с подобными экспериментами используется математическое моделирование, когда для изучения явления протекающие в нем процессы заменяются их математическим описанием. В первом случае модель составляется из элементов, имеющих ту же физиче-

скую природу, что и изучаемый объект, во втором – она представляет собой результат преобразования исходного объекта в некоторую абстрактную логическую систему. Таким образом, различают физическое моделирование, оперирующее непосредственно с изучаемой средой или ее лабораторным аналогом и абстрактное математическое моделирование, сводящее исследуемую проблему к постановке и решению различных математических задач. Эти два вида являются основными при проведении исследований.

Цель работы – исследовать возможность применения других, не традиционных методов моделирования.

Основной материал исследований. Как показано Панченко А.Н. [5] качество крошения почвы в значительной степени определяется пространственным распределением сил, действующих на выделенный объем обрабатываемой среды. Для исследования характера распределения действующих на орудие сил применим метод гидродинамического моделирования. Данный метод позволяет в короткий срок провести большое количество экспериментов и получить массивы данных, характер которых в значительной степени отражает характер процессов, протекающих в реальных условиях. Теоретическое обоснование метода дано Казаковым В.С.[3] и базируется на сопоставлении составляющих рациональной формулы Горячкина В.П. и членов уравнения Бернулли:

- полный гидравлический напор – тяговое сопротивление;
- высотное положение обреза – сопротивление на уклон местности;
- пьезометрический напор – сопротивление деформации;
- скоростной напор – сопротивление на перекачивание.

Таким образом, установив пьезометры по периметру орудия и перемещая его в водной среде, можно проследить вклад каждой составляющей в тяговое сопротивление машины, а следовательно, и пространственное распределение сил. Используя жидкости различной плотности и вязкости возможности исследований можно значительно расширить.

Данный метод использован нами при отработке копача столовых корнеплодов. Копач (рис.2) состоит из корпуса 1, механизма 2 эксцентрикового привода и компенсирующего элемента 3.

В процессе проводившихся нами исследований необходимо было определить влияние углов постановки элементов корпуса относительно направления движения на распределение давления по периметру.

Для эксперимента, как и в ходе испытаний, был принят трехфакторный симметричный план $2*2*3$ (скорость, угол схождения боковых стоек, угол атаки лемеха).

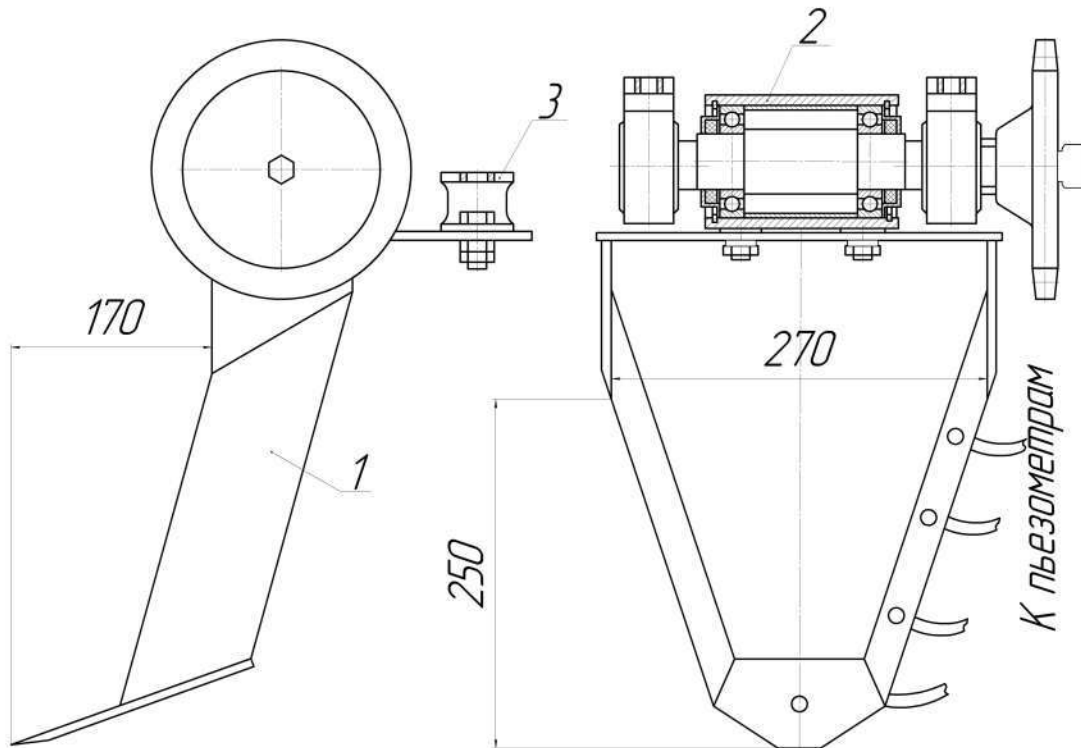


Рисунок 2 – Конструктивная схема копача столовых корнеплодов

Исследования проводились в наполненном водой металлическом лотке размером 1,1x1,0x9,0 м. над которым по направляющим двигалась тележка с навешенным рабочим органом. Динамическое давление измерялось при помощи закрытых трубок Пито, которые выставлялись по периметру рабочих поверхностей. Трубки Пито установлены непосредственно на движущейся тележке и снятие их показаний затруднено. Поэтому, в процессе движения они фотографировались и отсчет показаний производился по фотографии.

В результате исследований установлено следующее.

Наиболее спорным вопросом в процессе исследований был вопрос о затратах энергии на скалывание призмы почвы лемехом орудия, так как в жидкости подобное явление отсутствует. В соответствии с теорией внутренних напряжений, которая предложена А.Н.Панченко [5] и используется нами для определения тяговых сопротивлений орудий различной формы, сила, необходимая для скалывания пропорциональна площади поверхности скола умноженной на удельное сцепление частиц почвы. При движении орудия в почве образуются линии скалывания, которые распространяются вперед по ходу и в стороны под углами, определяемыми коэффициентом внутреннего трения. С достаточной степенью точности можно считать,

что образуемая при этом сколотая фигура представляет собой половину перевернутого конуса. Зная усредненный радиус окружности основания и глубину погружения рабочего органа можно определить площадь сечения фигуры

В процессе анализа полученных фотографий нами было отмечено, что при движении орудия в жидкости от стоек отходит волна, которая образуется не непосредственно у стойки, а на некотором расстоянии от нее, причем визуально этот эффект четко фиксируется. Если предположить, что по аналогии с почвой это есть выход на поверхность так называемой «трещины скалывания», то можно провести аналогию между двумя средами.

Преимуществом метода является то, что действующие на модель силы существенно меньше, чем в почвенном канале. Поэтому их можно изготавливать облегченными с возможностью быстрой смены конструктивных элементов.

Нами выполнена серия экспериментов с орудиями, имеющими различные геометрические параметры. В результате было установлено, что рассматриваемый метод гидродинамических аналогий является исключительно аналоговым, и не позволяет судить об абсолютных значениях исследуемых величин. В то же время анализ показаний пьезометров показывает, что основные закономерности и связи в целом сохраняются. Это позволят находить минимальные и максимальные значения исследуемых зависимостей с целью установления оптимума.

Анализ фотографий водной поверхности показал, что по характеру распространения волн от наклонных V-образных стоек можно судить о величине тягового сопротивления орудия. Так, нами было замечено, что при смыкании волн в пространстве между стойками наблюдается скачок тягового сопротивления. Положение точки смыкания зависит от скорости движения орудия и расстояния между стойками. При повышении скорости орудия, точка смыкания выходит за пределы межстоечного пространства и показания пьезометров падают. Следовательно, работоспособность исследуемого орудия ухудшается с уменьшением скорости поступательного движения.

Рассматриваемый метод гидродинамических аналогий может быть применен на начальном этапе проектирования почвообрабатывающих машин с целью получения в первом приближении конструктивных параметров орудия. Преимуществом метода является то, что действующие на модель силы существенно меньше, чем в почвенном канале, поэтому модели можно изготавливать облегченными с возможностью быстрой смены конструктивных элементов.

В области построения моделей накоплен большой опыт. Здесь используются самые разнообразные технические, экспериментальные

и теоретические методы. Тем не менее часто возникают ситуации, когда исследуемая система настолько сложна, что ее изучение путем прямого эксперимента или аналитического решения затруднено. Примером может служить исследование качества крошения почвы режущим периметром сложной геометрической формы. В подобных задачах целесообразно изучать поведение системы в целом, воспроизводя поведение отдельных ее частей и взаимодействие между этими частями. Модель системы (машины) представляет в этом случае комплексную программу для электронной вычислительной машины, описывающую поведение компонентов системы и взаимодействие между ними. Выполнение такой программы при различных исходных данных позволяет имитировать динамические процессы, происходящие в реальной системе. Приведенный выше метод получил название машинной имитации [7].

В некотором отношении машинная имитация напоминает физический эксперимент. В отличие от математического моделирования здесь не требуется аналитического решения проблемы. В имитационной модели должны быть описаны лишь правила взаимодействия объектов системы. Эксперимент в таком случае состоит в прогонах на ЭВМ модели, а управление экспериментом заключается в варьировании исходных данных и анализе получаемых результатов.

Применительно к этому методу А.Н.Панченко [5] разработал аналитический метод расчета степени измельчения для различных составляющих режущего периметра, включая различные варианты их установки в пространстве. Метод основан на том, что для формирования агрегата в процессе резания почвы необходимо преодолеть внутреннее напряжение, которое зависит от результирующих сил сцепления и угла укладки частиц. Последние два параметра легко определяются аналитически с привлечением минимума экспериментальных данных. Методика позволяет определить средний приведенный диаметр почвенных агрегатов, которые образуются под воздействием орудия. Далее, используя принцип возможных перемещений, можно отследить перемещение, как почвенных агрегатов, так и помещенных в эту среду корнеплодов.

По ходу движения лемеха в среду помещались инородные тела различной геометрической формы. Эксперимент проводился с 1000 кратным повторением. Цель эксперимента состояла в определении вероятности выноса на поверхность предметов, форма которых отличается от формы структурных агрегатов. Результаты прогонов на ПЭВМ представлены на рис.3. В расчетах приняты реальные размеры копача (рис.2.) и столовых корнеплодов.

Как показывает анализ представленных зависимостей наиболее благоприятная форма для выноса – конусообразная основанием вверх.

Шарообразные тела выносятся на поверхность если их диаметр в 2 и более раз превышает среднестатистический размер агрегатов.

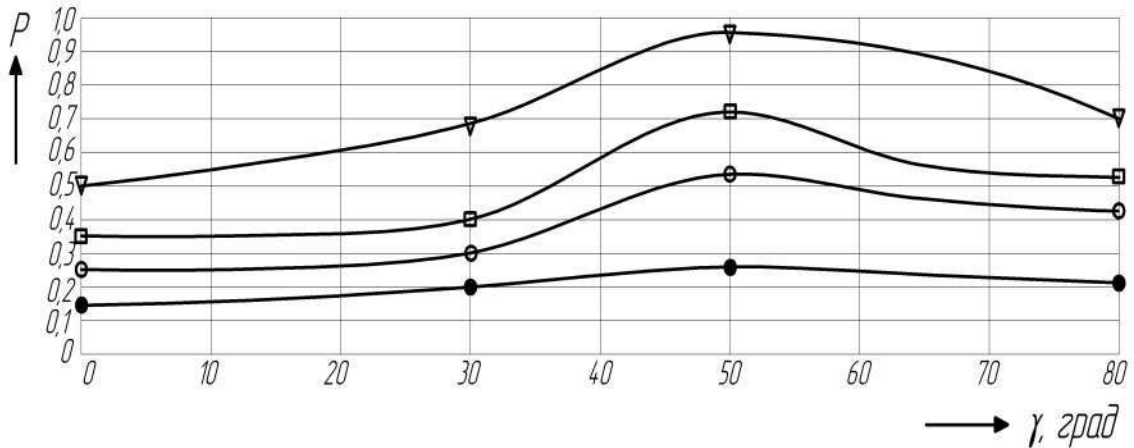


Рис.3 - Зависимость вероятности выноса на дневную поверхность иногородного предмета от угла γ схождения боковых стоек:

- ▽ – морковь (цилиндр длиной 200 мм и диаметром 50 мм);
- ◻ – морковь (конус длиной 200 мм и диаметром головки 50 мм);
- – столовая свекла (шар диаметром 80 мм);
- – столовая свекла (шар диаметром 40 мм).

Полевыми исследованиями, разработанного ДГАУ V-образного орудия отмечен близкий к 90% вынос на дневную поверхность тел, отличных от круглой формы. Таким образом, с достаточной степенью достоверности можно считать, что разработанная модель весьма близкой к реальной.

В начале 90-х годов получил развитие виртуальный метод моделирования. Согласно определению, компьютерным образом смоделированная виртуальная реальность есть созданная искусственными средствами аудиовизуальная смысловая среда, которая выдается или принимается субъектом ее воздействия за подлинную или близкую к подлинной. Формальных признаков несколько: моделирование в реальном масштабе времени, имитация окружающей обстановки с высокой степенью реализма и возможность воздействовать на нее, или отдельные объекты, имея при этом обратную связь.

Графическое представление процесса наиболее эффективно воспринимается исследователем, поэтому трехмерные компьютерные технологии проникают во все новые и новые сферы. Сдерживающим

фактором при этом является то, что для создания объективного виртуального образа необходимо иметь точное описание процессов, происходящих в реальных условиях. Применительно к почвообрабатывающим машинам последнее препятствие снято в связи с успехами в разработке теории резания почв режущими периметрами различной геометрической формы.

Выводы.

1. Рассмотренный метод гидродинамических аналогий может быть применен на начальном этапе проектирования почвообрабатывающих и копачей корнеуборочных машин с целью получения в первом приближении конструктивных параметров орудия. Преимуществом метода является то, что действующие на модель силы существенно меньше, чем в почвенном канале, поэтому модели можно изготавливать облегченными с возможностью быстрой смены конструктивных элементов. Установлено, что рассматриваемый метод гидродинамических аналогий является исключительно аналоговым, и не позволяет судить об абсолютных значениях исследуемых величин.

2. Методика машинного моделирования позволяет с достаточной степенью достоверности имитировать реально происходящие процессы взаимодействия простейших орудий со средой. Это позволяет на ее основе продолжить работы по созданию универсальной модели, способной моделировать работу орудий более сложной геометрической формы.

3. Используемая в модели теория крошения, разработанная проф. А.Н.Панченко, с достаточной степенью точности описывает реально происходящие процессы крошения почвы. В то же время, громоздкость методики и, как следствие, большой объем вычислений пока не позволили в реальном масштабе времени достичь скорости перемещения орудия более 2 м/с. Последнее требует как некоторого упрощения методики, так и совершенствования алгоритма моделирования.

Литература

1. *Баловнев В.И.* Методы физического моделирования рабочих процессов дорожно-строительных машин / *Баловнев В.И.* – М.: Машиностроение, 1974. – 232с.
2. *Ветров Ю.А.* Резание грунтов землеройными машинами / *Ветров Ю.А.* – М.: Машиностроение, 1971.- 360с.
3. *Казаков В.С., Кожевникова Н.Г., Пальцев В.Г.* Методические указания по испытаниям рабочих органов в гидравлическом лотке / *Казаков В.С., Кожевникова Н.Г., Пальцев В.Г.* - М.- МИИСП, 1992.- 8с.
4. *Мударисов С.Г.* Повышение качества обработки почвы путем совершенствования рабочих органов машин на основе моделирования

технологического процесса: Автореф. дис. докт. техн. наук: 05.20.01. / С.Г. Мударисов. – Челябинск, 2007. – 40с.

5. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями. Днепропетр. гос. агр. ун-т. / Панченко А.Н. - Днепропетровск, 1999. – 140с.

6. Тищенко С.С. Обоснование параметров винтовой развертывающейся лемешно-отвальной поверхности и разработка корпусов плугов для вспашки связных почв: Автореф. дис.... канд. техн. наук: 05.20.01. Всесоюзный н.-иссл инст. Механ. С.х. / С.С. Тищенко. – М., 1985. – 20с.

7. Яковлев Е.И. Машинная имитация / Е.И. Яковлев. – М.: Наука, 1995. – 158 с.

ПРИМЕНИМОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ К ОТРАБОТКЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПОЧВООБРАБАТЫВАЮЩИХ И ПОДКАПЫВАЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ

**Друздь С. Н., Гаврильченко А.С., Конащук В.В.,
Аннотация**

В работе обобщен опыт отработки конструктивных параметров почвообрабатывающих машин с применением различного вида моделей

THE USAGE OF MODELLING BY DIFFERENT METHODS IN WORKING OUT THE CONSTRUCTIVE PARAMETERS OF SOIL CULTIVATION AND SUBDIGGING WORKING ORGANS

**S. Druzd. A. Gavrilchenko. V. Konaschuk.
Summary**

The experience of working out the constructive parameters of soil cultivation machines with models of different kinds is generalized in this paper.