В итоге, требуемая мощность для копания грунтов зависит не только от глубины и ширины разрабатываемого пласта, но и от скорости и конструкции рабочего органа [4]. Исходя из этого, выбор двигателя мелиоративной машины, также зависит от тех же параметров. Выбор двигателя зависит не только от параметров рабочего органа, к примеру, если рассматривать работу одно моторного мелиоративного дренажника, то мощность здесь расходуется на передвижение машины в целом при проведении рабочей операции, на копание и подъем грунта цепным рабочим органом, на привод ленточного транспортера для перемещения разработанного грунта в отвал. Мощность определяется с учетом КПД рабочего органа, механизмов его привода систем привода передвижения, транспортирующего органа и других дополнительных устройств. С учетом колебательного характера вращающего момента и действующих усилий мощность двигателя для предварительного расчета принимают с коэффициентом запаса мощности $k_{\text{зап}} = 1,2 \dots 1,4$ [5].

Перспективами развития конструирования рабочих органов мелиоративных и строительных машин могут быть исследования по определению тяговых сопротивлений при копании моделями различных конструкций с оптимальными режущими криволинейными поверхностями с учетом уменьшения сил бокового трения.

1. Строительные машины для механизации мелиоративных работ. Под редакцией. В.В. Суриков, Б.А. Васильев, В.Б. Гантман и др. – М. Агропромиздат, 1991.
2. Абдулмажидов Х.А. Обоснование основных параметров и режимов работы ковшевых каналоочистительных машин для зоны осушения. – Дис. канд. техн. наук. – М.: МГУП, 2000 г.
3. Абдулмажидов Х.А. Совершенствование рабочего оборудования каналоочистителя РР-303. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2011. №2 (47). С.58-60
4. Абдулмажидов Х.А., Матвеев А.С. Комплексное проектирование и прочностные расчеты конструкций машин природообустройства в системе Inventor Pro. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2016. № 2 (72). С. 40-46.
5. Абдулмажидов Х.А., Карапетян М.А. Очистка мелиоративных каналов от наносов, заилений и растительности. Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2016. № 5 (75). С. 13-17.

Бондарева Г.И.¹, Орлов Б.Н.²

Физико-математические методы в определении коэффициента полезного действия движителя при движении по переувлажненной почвенной среде

¹ГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н.Костякова «ВНИИГиМ»

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА им. К.А.Тимирязева»
(Россия, Москва)

doi:10.18411/lj-09-2018-91

idsp: 000001:lj-09-2018-91

Аннотация

Математическое моделирование позволяет строго научно обосновывать принятые решения и позволяет сравнивать между собой результаты, полученные с помощью математических моделей. Для этого на первом этапе предусматривалась постановка задачи, формирование целей моделирования как для поиска способов снижения сопротивления переувлажненной почвы при перемещении пневматического колеса, так и для последующего этапа разработки конкретных технических средств для повышения тягово-цепных свойств мелиоративных агрегатов. Широко использованы модели полей скоростей жидких почвенных частиц (выделенных объемов) впереди пневматического колеса и изучено образование гребня волны впереди этого пневматического колеса. Здесь

были использованы потенциальные функции (потенциалы), перпендикулярно которым располагаются линии тока (т.е. траектории гидравлических частиц при установившемся движении).

Ключевые слова: математическая модель, постановка задач, почва, пневматическое колесо, тягово-сцепные свойства, функции.

Математическому моделированию уделено большое внимание, т.к. процессы, происходящие впереди пневматического колеса, весьма сложные и требуют глубокого осмысления с точки зрения взаимодействия пневматического колеса с жидкой переувлажненной почвенной средой. Для системного изучения этих сложных процессов применены методы математического моделирования с целью определения направлений и конкретных решений для повышения тягово-сцепных свойств мелиоративных агрегатов при работе на переувлажненных почвах, в том числе на рисовых системах, на мелиоративных системах при промывке засоленных почв [1].

Составлены математические модели для изучения потоков переувлажненной почвы, которые образуются впереди пневматического колеса. Рассматривались симметричные и ассиметричные потоки с точки зрения динамики пневматического колеса, а также при последующем использовании гребного колеса для повышения тяговых свойств МТА при движении по переувлажненной почве [2]. В этих задачах использован аппарат функции линий тока, потоков жидкости, а также комплексные числа и векторный анализ с составлением дифференциальных уравнений кинематики частиц впереди пневматического колеса. Выполнено исследование деформации выделенных квадратов (прямоугольников) при исследовании кинематики частиц в гребне волны с изучением циркуляционных явлений движений частиц впереди пневматического колеса. Это новое обнаруженное явление циркуляции почвенных жидких частиц впереди пневматического колеса вызывают повышенное сопротивление потока, который колесо формирует при движении по переувлажненной почве [3]. Ликвидации этих циркуляционных явлений, уменьшение гребня волны приводят к существенному снижению тягового сопротивления колеса и более эффективному использованию мощности мелиоративно-тракторного агрегата. Исходные данные для математических моделей взяты из журналов лабораторных работ по изучению скоростей жидких частиц впереди пневматического колеса, а также перемещений этих частиц в потоке жидкости. Все это позволяло использовать ЭВМ для обработки полученных теоретических данных (с использованием лабораторных исследований) и построить линии равных напряжений впереди колеса, определить линии тока, т.е. траекторий этих частиц, а также определить параметры потока, который формируется вокруг пневматического колеса. Такой подход дал возможность интерпретировать с установленных позиций данные, которые получены в результате математического моделирования, и сделать перспективные выводы о направлениях исследований и конкретных решениях [4].

Мелиоративно-тракторный агрегат при своем движении со скоростью V испытывает силу сопротивления R , направленную в сторону, обратную его движению и называемую сопротивлением переувлажненной почвы движению этого агрегата (или просто сопротивлением). Для преодоления сопротивления R необходимо приложить к агрегату, создаваемую движителями силу, направленную в сторону движения агрегата и называемую тягой (или движущей силой) [5]. При равномерном прямолинейном и горизонтальном движении агрегата сила сопротивления переувлажненной почвы R уравновешивается тягой создаваемой движителями.

У мелиоративных машин сила тяги должна преодолевать собственное сопротивление машины и, кроме того, сопротивление на крюке [6].

Отношение полезной мощности движителя к мощности двигателя определяет степень совершенства движителя агрегата, т.е. его КПД (η), характеризующий степень использования мощности, потребляемой на продвижение агрегата по переувлажненной

почве. Чем выше к.п.д. движителя, тем совершеннее происходит процесс трансформации мощности двигателя для создания тяги, тем выше эффективность работы машины. Несовершенство движителя агрегата, большое буксование влечет повышение потребляемой мощности двигателя, расхода топлива, увеличение массы агрегата.

Гидромеханические аналогии позволяют применять хорошо разработанную теорию гидромеханики жидкости для углубленного изучения процесса взаимодействия колеса с переувлажненной почвой с целью конструирования оптимальных по энергетическим показателям движителей тракторов мелиоративных агрегатов [7]. При движении движителя в переувлажненной среде впереди него образуется волна с высоким гребнем, что существенно увеличивает сопротивление перемещению машин (рис. 1).

Рис. 1. Образование волны впереди движителя, движущегося по затопленному водой полю

Впереди колеса образуется поле напряжений (нормальных и касательных), вызванных перемещениями частиц жидкой среды (выделенных объемов).

Частицы приходят в колебательное движение, что вызывает продольную волну (от нормальных напряжений) и поперечную волну (от касательных напряжений). Гребень волны Δh уменьшается в глубину по мере удаления от колеса [8].

Впереди колеса, ведущего или ведомого, формируется поток Q жидких частиц, кинематику которого предлагается изучать с помощью хорошо разработанной теории потока [9].

Движение жидких почвенных частиц (выделенных объемов), например ABCD (рис.1) является вихревым в общем случае. Вращение выделенного сегмента ABCD происходит вокруг мгновенного центра скоростей O . Выделенный сегмент ограничен дугами $rd\varphi$ и $(r+dr)d\varphi$ с центром в точке a (центр тяжести сегмента ABCD).

Скорость частиц по дуге AD равна v , а по BC равна $v+\Delta v$. Тогда приращение окружной скорости в точке a равна $\Delta v \approx dv$. Скорость частиц на поверхности AD меньше, чем на поверхности BC , поэтому внутри сегмента ABCD частицы жидкой почвы будут вращаться вокруг точки O (мгновенного центра скоростей). Следовательно, внутри выделенного элементарного сегмента ABCD имеет место циркуляция Γ_{ABCD} вектора скорости V , равная произведению площади сегмента F_{ABCD} на его угловую скорость ω , т.е. [10]

$$\Gamma_{ABCD} = S_{ABCD} \cdot \omega.$$

Поскольку весь вращающийся объем жидкости можно считать состоящим из суммы рассматриваемых сегментов, то в целом движение жидкой почвенной среды впереди колеса можно считать вихревым. Следовательно, циркуляция вектора скорости V вдоль любого контура, проведенного внутри массы движущейся жидкости, равна сумме циркуляций вдоль элементов контуров, т.е.

$$\Gamma = \Gamma_1 + \Gamma_2 + \dots + \Gamma_n,$$

Рис.2. К определению циркуляции в сегменте ABCD (см. рис. 1).

В любой точке выделенного жидкого тела существует мгновенная угловая скорость, называемая вихрем. Величина вихря равна угловой скорости выделенного объема жидкости при вращении его вокруг центра инерции где $\Gamma_1 + \Gamma_2 + \dots + \Gamma_n$ - циркуляции выделенных частиц жидкой среды впереди колеса. [11]

Изучение процесса циркуляции жидких частиц впереди движущегося колеса имеет большое значение, т.к. циркуляция вызывает касательные напряжения τ между слоями жидкости [12].

$$\tau = K_{\tau} \overline{\text{rot } V},$$

где $\overline{\text{rot } V}$ – ротор скорости V ;

K_{τ} – коэффициент пропорциональности.

В свою очередь

$$d\Gamma = (\partial V_y / \partial x - \partial V_x / \partial y) dF = \text{rot } V dF,$$

или

$$\partial = \oint_{(L)} (V_x dx + V_y dy)$$

есть циркуляция Γ по контуру (L) .

Например, если общий контур площадью F складывается из нескольких частей, то

$$F = F_1 + F_2 + F_3 \dots F_n.$$

Тогда циркуляция $d\Gamma$ равна

$$d\Gamma = d\Gamma_1 + d\Gamma_2 + \dots + d\Gamma_n.$$

В процессе взаимодействия колеса с жидкой почвой определены скорости частиц по осям координат (в горизонтальной и вертикальной плоскостях), что позволяет с учетом шага разбиения Δx , Δy , Δz найти ротор и циркуляцию жидких частиц.

Выводы

Назначение движителя мелиоративно-тракторного агрегата состоит в том, чтобы создавать движущую силу, или тягу, при которой агрегат получает движение с некоторой скоростью.

Сила тяги агрегата при его движении под действием колеса (или гребного колеса) совершает работу в единицу времени, равную мощности движения агрегата, называемой мощностью полезной тяги. Полезная мощность движителя всегда меньше установленной мощности двигателя, т.к. при передаче мощности от двигателя к движителю имеют место потери.

Таким образом, мощности двигателя на режиме установившегося движения уравниваются суммой мощностей: мощность движения; мощности потерь в трансмиссии и собственно мощности в движителе.

1. Орлов Б.Н. Инновационные технологии обеспечения надёжности рабочих элементов машин и оборудования: монография. – ФГБОУ ВПО МГУП, М.: 2013. – 326с.
2. Бондарева Г.И., Орлов Б.Н. Визуализация, моделирование, надёжность в эксплуатации мобильных строительно – дорожных комплексов: статья. – «Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии» Вып. №3. Самара. 2012
3. Б.Н. Орлов. Прогнозирование уровня надёжности экспериментально – расчётными методами. Статья. «Природообустройство» Научно – практический журнал. М. – №4 – 2010г.
4. Г.И. Бондарева, Б.Н. Орлов. Математическое моделирование процесса измерения годности рабочих элементов машин и оборудования. Статья. «Техника и оборудование для села» Научно – производственный и информационно аналитический журнал. М. – №8 – 2012.
5. Казаков В.С., Бекишев Б.Т., Сабо Д., Кайфаш Ф.. Глубокое объемное рыхление переуплотненных почв. Техника в сельском хозяйстве, 1997, № 1.
6. Кравченко И.Н., Бондарева Г.И., Чепурин А. Физико-математическая модель отказов быстроизнашивающихся рабочих элементов строительных машин и технологического оборудования. – Ремонт. Восстановление. Модернизация. Вып. №8. С. 2-6. 2007.
7. Казаков В.С., Бекишев Б.Т. Метод ЭГДА для исследований напряженного состояния почвы под колесами сельскохозяйственных машин. Сб. научных трудов МГАУ им. В.П.Горячкина, –М.: МГАУ им. В.П.Горячкина 1995.
8. Кравченко И.Н., Зорин В.А., Пучин Е.А., Бондарева Г.И. Основы надежности машин. – Том Часть 1. Москва, 2007.
9. Бекишев Б.Т. Деформация почв ходовыми системами сельхозмашин и их воздействие на урожайность пропашных культур. Научные труды МГМИ, 1990.
10. Бондарева Г.И. Метрологическое обеспечение контроля деталей на машинно-технологических станциях. – М-во сельского хоз-ва Российской Федерации, Федеральное гос. Образовательное учреждение высш. проф. образования «Московский гос. Агроинженерный ун-т им. В.П. Горячкина», Каф. «Метрология, стандартизация и упр. Качеством». Москва, 2007.
11. Бондарева Г.И., Леонов О.А., Шкаруба Н.Ж., Вергазова Ю.Г. Изменения в стандарте единой системы допусков и посадок. Тракторы и сельхозмашины. 2016. № 12. С. 39-42.
12. Пучин Е.А., Выскребенцев Н.А., Бондарева Г.И., Гатауллин Р.М., Кравченко И.Н., Корнеев В.М., Чепурин А.В., Гладков В.Ю., Шульпина А.А., Батов Ю.А., Корнеев Н.В. Дипломное проектирование по специальности «Технология обслуживания и ремонта машин в АПК». – Учебник для студентов вузов по специальности «Технология обслуживания и ремонта машин в агропромышленном комплексе» / Москва, 2007.

Брысин А.Н., Синев А.В., Соловьев В.С.

Управляемая подвеска колеса транспортного средства

*ФГБУН Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук
(Россия, Москва)*

doi:10.18411/lj-09-2018-92

idsp: 000001:lj-09-2018-92

Аннотация

В статье приводятся результаты стендовых исследований макетного образца управляемой подвески колеса транспортного средства, рассмотрены необходимые условия и технические средства встраивания предлагаемой системы в реальные объекты.

Ключевые слова: управляемая подвеска, транспортное средство, динамический канал управления, позиционер, электрогидравлический вибростенд