Введение

В реализации стратегической задачи подъема экономики важнейшая роль отводится сельскому хозяйству. Главная задача состоит в развития сельского хозяйства на базе интенсификации производства и его перевооружение, совершенствование систем управления и хозяйственного механизма. Для этого необходимо обеспечить надежный выпуск новых и совершенствование структуры сельскохозяйственных машин и орудий в соответствии с предусмотренной комплексной системой. В настоящее время необходимо снизить расход топлива и смазочных масел тракторами и комбайнами. Организовать надежные поставки запчастей для всех моделей тракторов и сельскохозяйственных машин используемых в сельском хозяйстве. Улучшить инженерную службу в сельскохозяйственных предприятиях.

Одним из путей повышения эффективности использования сельскохозяйственных машин является поддержание рабочей техники в постоянной готовности, что обеспечивает своевременное проведение технических обслуживаний и ремонта техники.

Энергоемкость технологических сельскохозяйственных операций в значительной степени определяется эксплуатационными свойствами машин и режимами работы машинно-тракторных агрегатов (МТА). Как показывает опыт эксплуатации машинно-тракторных агрегатов (МТА) в различных регионах Российской Федерации рост энергонасыщенности тракторов не дал пропорционального прироста производительности МТА и привел к увеличению расхода топлива на единицу выполненной работы. Повышение производительности МТА, при увеличении мощности тракторного двигателя, производилось через увеличение тягового усилия трактора и агрегатирование широкозахватных сельскохозяйственных машин, или через увеличение рабочей скорости МТА, что сопровождалось ростом удельного расхода топлива. Авторами сделан вывод о нецелесообразности повышения производительности МТА путем увеличения тягового усилия трактора и его рабочей скорости, которые сопровождаются увеличением массы трактора и недоиспользованием мощности двигателя, установленной заводом изготовителем.

Увеличение массы сельскохозяйственных тракторов привело к повышению расхода энергии как на их самоперемещение, так и на дополнительное рыхление почвы в связи с ее уплотнением. В тоже время, рост рабочих скоростей МТА привел к резкому увеличению удельного сопротивления сельскохозяйственных машин, уменьшению величины максимального значения тягового КПД и к увеличению степени неравномерности момента сопротивления на входе в двигатель, что в свою очередь вызвало падение мощности двигателя в эксплуатации до 20% от установленной заводом изготовителем.

На основе разработанных теоретических положений профессора Г.М. Кутькова и его активной поддержки, авторами работы рассмотрено альтернативное направление развития тракторо- и сельскохозяйственного машиностроения, обосновывающее необходимость замены трактора- тягача, при повышении его энергоначыщенности, на трактор тягово-энергетической концепции и создание на его основе тягово-приводных машинно-тракторных агрегатов. В таких агрегатах противоречие между необходимостью снижения веса трактора и сохранением тягово-сцепных свойств устраняются за счет использования в качестве сцепного не только веса трактора, но и веса всего агрегата, включая его технологическую часть. "Избыточная" мощность двигателя, которая не может быть реализована через ходовую систему энергонасыщенного трактора-тягача, в тягово-приводном МТА передается опорным колесам сцепки, сельскохозяйственной машины, или ее рабочим органам.

На основе проведенного авторами анализа возможных вариантов формирования МТА на базе тракторов тягово-энергетической концепции выделены два направления использования "избыточной" мощности тракторного двигателя.

Первое - уменьшение тягового сопротивления сельхозмашин с пассивными рабочими органами применением активных рабочих органов, а также заменой привода рабочих органов от ходовых колес сельхозмашины на общий привод от тракторного двигателя. Это позволяет при той же тяговой мощности и рабочей скорости трактора увеличить ширину захвата одно-операционной сельскохозяйственной машины, или сформировать комбинированный агрегат, способный выполнять одновременно не одну, а несколько технологических операций одновременно, что обеспечивает снижение удельной энергоемкости работ.

Второе - использовать "избыточную" мощность для привода движителей сельхозмашин, промежуточных тягово-прицепных модулей или опорных ведущих колес сельскохозяйственной машины. В этом случае используется вся масса агрегата для создания тягового усилия и за счет этого происходит увеличение производительности с одновременным рассредоточением сцепной массы по движителям, что позволяет снизить удельную энергоемкость работ с одновременным снижением уплотнения почвы, особенно в подпахотном горизонте.

В настоящей работе приведены результаты исследований по изысканию путей и методов формирования энергосберегающих тягово-приводных агрегатов на базе тракторов класса 1,4…2 с номинальной силой тяги 14…20 кН и обоснованию оптимальных конструктивных параметров и нагрузочных режимов МТА при выполнении основных технологических операций. Класс тракторов 1,4 с номинальным тяговым усилие 14 кН преобладает в настоящее время по количеству используемых в сельскохозяйственных коллективных и особенно фермерских предприятиях Российской Федерации и стран СНГ. Актуальность исследования связана также с наращиванием в России парка тракторов класса 2 и предпосылками использования с ними частично невостребованным парка сельскохозяйственных машин, предназначенных для тракторов класса 3. Формирование и применение тягово-приводных агрегатов на базе энергонасыщенных тракторов классов 1,4…2, позволит использовать перспективные комбинированные и универсальные широкозахватные сельскохозяйственные машины и агрегаты, в том числе предназначенных для тракторов класса 3.

1. Обоснование тягово–энергетической концепции трактора

1.1 Исследование путей повышения производительности сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов

Проведенные авторами исследования путей повышения производительности сельскохозяйственных машинно-тракторных агрегатов позволило изучить причины отставания роста производительности агрегатов от роста мощности тракторных двигателей. Основное внимание уделено теоретическим изысканиям для подхода к разработке фундаментальных основ совершенствования МТА. На основе анализа потенциальной тяговой характеристики трактора (зависимость тяговой мощности трактора от его тягового усилия) сделан вывод о том, что режиму работы трактора при максимальной тяговой мощности соответствуют определенные значения тягового усилия и действительной скорости движения , которые взаимосвязаны. Поэтому, по известной практике, возрастающую тяговую мощность трактора тягача, при повышении его энергонасыщенности, можно реализовать увеличением тягового усилия трактора для агрегатирования широкозахватных сельскохозяйственных машин или для ускорения движения МТА.



В первом случае удается повысить производительность МТА, но с условием сохранения оптимального коэффициента сцепления , что сопровождается увеличением сцепного веса . Однако увеличение массы сельскохозяйственного трактора повышает расход энергии на его перемещение, который уже сегодня составляет, по отдельным источникам, до 40% номинальной мощности двигателя. При этом темп прироста производительности МТА за счет увеличения ширины захвата агрегата отстает от темпа увеличения мощности



Например, при увеличении мощности двигателя трактора Т-150М в сравнении с трактором Т-150 на 26,5%, производительность МТА (при постоянной рабочей скорости) возросла только на 15...18 % (в зависимости от технологической операции). При этом масса трактора увеличилась на 12%.

Следствием увеличения массы трактора является уплотнение почвы, в том числе и в подпахотном слое, на величину которого оказывает влияние не только удельное давление движителей, но и общая масса трактора. Это не только существенно нарушает физико-механические качества почвы и приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур от 5 до 50%, но и увеличивает энергозатраты на дополнительное рыхление почвы.

Поэтому авторы пришли к мнению, что увеличение тягового усилия трактора, с точки зрения формирования энергосберегающего МТА, является неперспективным, так как требует увеличения веса трактора и уплотняет почву.

Другим вариантом повышения тяговой мощности трактора при неизменной оптимальной силе тяги является увеличение рабочей скорости МТА. Для тракторов тягачей отношение мощности двигателя, преобразуемой в тяговую мощность трактора, к произведению массы трактора на оптимальную действительную скорость движения есть величина постоянная. Поэтому повышение мощности двигателя пропорционально увеличению рабочей скорости трактора тягача, а следовательно, и производительности МТА. Однако по мере роста скорости сельскохозяйственных тракторов происходит уменьшение величины оптимального значения коэффициента использования сцепной массы трактора и максимального значения тягового КПД, т.е. нарушается прямая пропорциональность между оптимальной скоростью трактора и максимальной тяговой мощностью.

С увеличением скорости движения МТА снижается КПД ходовой системы и в связи с этим увеличиваются энергозатраты на самопередвижение трактора и преодоление буксования, т.е. мощность двигателя, преобразуемая в тяговую мощность трактора, увеличивается быстрее, чем растет его рабочая скорость.

Это значит, что по мере увеличения энергонасыщенности трактора разность между приростом мощности, подведенной к движителям, и приростом скорости будет постоянно возрастать.

Авторами был сделан вывод о том, что увеличение рабочей скорости МТА (при увеличении энергонасыщенности трактора) приводит к снижению максимального значения КПД ходовой системы трактора с одновременным снижением оптимального значения тягового усилия. Так увеличение мощности двигателя с 27 кВт до 80 кВт для тракторов типа МТЗ в случае использования ее только через тяговую мощность максимальное значение КПД ходовой системы уменьшается до 20%, а оптимальное тяговое усилие - до 40% при работе на почвенном фоне-стерне. Для того чтобы это не происходило, необходимо уменьшить массу трактора, либо обеспечить независимость коэффициента самоперекатывания трактора от скорости движения. Все это является одной из причин снижения темпа увеличения его рабочей скорости с одновременным увеличением энергозатрат на единицу обработанной площади.

Кроме того, рост рабочих скоростей МТА приводит к увеличению степени неравномерности момента сопротивления на входе в двигатель на тракторе с механической ступенчатой трансмиссией. Источником колебаний момента сопротивления на входе в двигатель является изменение сопротивления рабочих органов МТА, периодическое изменение нагрузок в зубчатых зацеплениях трансмиссии трактора. При этом существенное влияние в формировании колебаний момента сопротивления играет изменение газовых и инерционных сил, возникающих в цилиндрах двигателя.

Колебания момента сопротивления на входе в двигатель, из-за нелинейности регуляторной характеристики, приводят в эксплуатации к недоиспользованию мощности дизеля до 20 %, а рассогласование систем топливо- и воздухоподачи, особенно у двигателей с ГТН и приводят к увеличению расхода топлива.

Существующая тенденция к увеличению тягового усилия и составлению широкозахватных и скоростных МТА в сочетании с увеличением веса трактора в условиях средних размеров полей Центральной части Российской Федерации приводит к непропорциональному росту производительности и дополнительному росту энергозатрат на единицу выполненной работы, из-за увеличения разворотных зон и работы МТА в режиме разгон-торможение на коротких расстояниях.

На основании проведенного анализа, авторами был сделан вывод, что формирование энергосберегающего МТА на базе энергонасыщенного трактора тягача при увеличении силы тяги или рабочей скорости приводит с одной стороны к увеличению массы сельскохозяйственного трактора, с другой стороны снижает его тяговый КПД. Все это является одной из причин снижения темпа увеличения ширины захвата МТА и его рабочей скорости относительно увеличения мощности тракторного двигателя с одновременным увеличением энергозатрат на единицу обработанной площади, поэтому эти способы являются неперспективными.

Повышение энергонасыщенности тракторов и развитие машинных технологий возделывания сельскохозяйственных культур привело к опережению роста массы технологической части МТА относительно роста массы трактора. С применением комбинированных агрегатов масса технологической части агрегата сравнялась с массой энергетической части, и можно прогнозировать, что в будущем масса технологической части агрегата будет превосходить массу энергетической.

Анализ технологических, агротехнических и других факторов, определяющих концепцию трактора, показал, что их требования противоречивы, поэтому стремление повысить одни свойства приводит к снижению других. Так основные требования - повышение производительности МТА, энерговооруженности механизаторов и сокращение их численности - могут быть реализованы только в результате повышения мощности двигателя и увеличения тягового усилия, т. е. веса трактора. Химизация и применение перспективных широкозахватных и комбинированных агрегатов также ведут к увеличению веса агрегата и нагрузки на колеса трактора. Проявляющаяся тенденция к увеличению веса технологической части агрегата повышает давление движителей тракторов тяговой концепции на почву, что ухудшает агротехнические свойства МТА с навесными и полунавесными орудиями, требует применения широких и спаренных колес, не вписывающихся в междурядье пропашных культур.

Противоречие требований агротехники и развития функциональных свойств трактора тяговой концепции достигло критического состояния и создает объективные трудности в дальнейшем совершенствовании их параметров, так как нельзя поступиться одними требованиями в пользу других.

Дальнейшее повышение мощности трактора класса 5 колесной формулы 4К4 в рамках тяговой концепции невозможно, так как требует увеличения его эксплуатационного веса, в то время как уже сейчас нагрузка на почву достигла предельного значения. Его осевая нагрузка превышает регламентируемую стандартами даже на дорогу с твердым покрытием.

Противоречие между необходимостью снижения веса трактора и сохранением тягово-сцепных свойств можно устранить, если в качестве сцепного использовать вес всего агрегата, включая технологическую часть, а не только вес трактора.

Радикальный способ увеличения относительной доли сцепного веса в агрегате, или активизации веса МТА, - оснащение его технологической части ведущими колесами, приводимыми от системы отбора мощности или гидравлической системы трактора. В этом случае только часть мощности двигателя будет реализоваться через ходовую систему трактора и его удельная материалоемкость может быть снижена. При использовании таких тракторов с сельскохозяйственными машинами небольшой удельной материалоемкости, целесообразно дополнять их промежуточными тележками с ведущими колесами, которую при необходимости можно балластировать. В зависимости от соотношения сцепных весов трактора и тележки активно приводные колеса последней могут обеспечить прирост тягового усилия от 50 до 100 %. Энергонасыщенность тракторов в таком агрегате можно повысить в 1,5...2 раза в сравнении с современными тракторами тяговой концепции. Столь существенное изменение энергонасыщенности приводит к перерастанию трактора-тягача в тягово-энергетическое средство и к созданию на его основе тягово-приводных машинно-тракторных агрегатов.

Колесный трактор тягово-энергетической концепции - это трактор такой энергонасыщенности, при которой мощность двигателя не может быть полностью реализована через его ходовую систему в тяговое усилие при работе в диапазоне достигнутого интервала рабочих (технологических) скоростей МТА даже при полном балластировании трактора.

Анализ тягово-приводных МТА показывает, что "избыточная" часть мощности двигателя трактора тягово-энергетической концепции может быть использована по следующим вариантам.

Первому - для уменьшения удельного тягового сопротивления сельхозмашин путем привода рабочих органов не от ходовых колес сельхозмашины, а от ВОМ или гидравлической системы трактора. Тогда при той же тяговой мощности и рабочей скорости трактора возможно увеличение ширины захвата одно-операционной сельхозмашины, или формирование комбинированного агрегата, способного выполнять одновременно не одну, а несколько технологических операций одновременно при снижении удельной энергоемкости работ. Применение и дальнейшая разработка комбинированных агрегатов является общемировой тенденцией в сельскохозяйственном машиностроении.

Второму - для привода движителей сельхозмашин (технологических модулей) и рабочих органов-движителей. В этом случае используется вся масса агрегата для создания тягового усилия и за счет этого происходит увеличение производительности с одновременным рассредоточением сцепной массы по площади поля (по движителям), что снизит удельную энергоемкость работ с одновременным снижением уплотнения почвы, особенно в подпахотном горизонте.

Для тягово-приводного МТА на базе энергонасыщенного трактора, тяговую мощность передаваемую к сельхозмашине можно представить как сумму тяговых мощностей трактора , движителей сельхозмашин (технологических модулей) и рабочих органов – движителей . Степень повышения тяговой мощности, передаваемой к сельхозмашине, будет изменяться в зависимости от компоновки МТА и конструкции движителей и режима эксплуатации.



Снижение удельного тягового сопротивление, за счет применения ведущих колес на сельскохозяйственной машине, рабочих органов-движетелей и активных рабочих органов позволяет формировать перспективные комбинированные МТА на базе энергонасыщенных тракторов меньшего тягового класса, которые в максимальном количестве используются в сельскохозяйственном производстве Российской Федерации. Использование массы всего МТА для создания тягового усилия, позволит снизить затраты на самопередвижение трактора и уплотнение почвы с одновременным увеличением производительности МТА и снижением удельной энергоемкости работ. Данное направление позволит значительно улучшить эксплуатационные характеристики основных классов тракторов 1,4 и 2 в условиях сельскохозяйственного производства Российской Федерации.

С точки зрения удельных энергозатрат, увеличения ширины захвата тягово-приводного МТА за счет уменьшения удельного сопротивления путем привода рабочих органов не от ходовых колес сельхозмашины, а от ВОМ трактора, целесообразно, если , где и - максимальный тяговый КПД трактора и КПД привода рабочих органов сельхозмашины, включая и трансмиссию ВОМ. Если же , то темп увеличения ширины захвата агрегата будет меньше темпа увеличения мощности двигателя, что приведет к увеличению энергозатрат.



Повышение производительности МТА путем увеличения ширины захвата за счет использования технологических модулей с приводом движителей сельхозмашин или движителей технологических модулей имеет ограничения. Как и в случае увеличения рабочей скорости МТА, это направление может быть принято только в определенном диапазоне увеличения для тракторов класса 1,4…2 в связи с рельефом и нарезкой полевых севооборотов. Для увеличения диапазона производительности необходимо стремится к повышению тягового КПД движителей технологических модулей, особенно комбинированных сельскохозяйственных машин, в том числе и привода рабочих органов.

В процессе реализации идеи использования технологической части агрегата в качестве активного сцепного веса с приводом на ее колеса возникают вопросы по выбору параметров, основными из которых являютсяэнергонасыщенность трактора и соотношение между массами трактора и технологической части. Суть модульной системы агрегатирования в том, что трактор высокой энергонасыщенности комплектуют с технологическим модулем, легко соединяемым и отсоединяемым от него.

Технологический модуль - это приспособление в виде тележки-сцепки с приводом колес от двигателя или комбинированная сельскохозяйственная машина с ведущими опорными колесами или активными рабочими органами, позволяющая дополнительно использовать в технологическом процессе мощность двигателя трактора тягово-энергетической концепции.

При модульном построении агрегата устраняется требование соответствия между весом трактора тягово-энергетической концепции и мощностью двигателя, свойственное тяговой концепции трактора. Технологическую и энергетическую части МТА можно совершенствовать в соответствии с требованиями, предъявляемыми к каждой из них, избегая противоречия между ними и улучшая общие показатели трактора и МТА.

По мере развития и совершенствования технологических процессов в сельском хозяйстве масса технологической части растет, потому что с ней в определенной взаимосвязи находится производительность. Чем больше масса, тем выше производительность и количество одновременно выполняемых операций, т.е. комбинированность сельскохозяйственной машины.

При модульном построении агрегата можно "перемещать" металл из непроизводительной части агрегата, которой является трактор, в производительную технологическую часть при сохранении баланса массы, обеспечивающей необходимые тяговые свойства МТА. В то время как при тяговой концепции трактора рост массы технологической части неизменно вызывает увеличение массы трактора, а следовательно, и массы всего МТА

При модульной системе построения агрегата теоретически можно пропорционально повышать массу технологической части агрегата и снижать массу энергетической части при одновременном повышении мощности двигателя. Практически вес и энергонасыщенность трактора тягово-энергетической концепции, с одной стороны, и вес технологических модулей, с другой стороны, следует выбирать такими, чтобы отдельно взятый трактор и трактор в сочетании с технологическим модулем соответствовали по весу тракторам смежных тяговых классов по действующему в нашей стране типажу.

Такой подход к созданию модульных энерготехнологических средств позволяет использовать трактор тягово-энергетической концепции или в сочетании с тягово-прицепным модулем в агрегате с имеющимся шлейфом сельскохозяйственных машин, предназначенных для работы с серийно выпускаемыми тракторами двух смежных тяговых классов. Такой трактор становится более универсальным, а скомплектованный на его базе МТА – высокопроизводительным.

Активный привод колес технологической части МТА существенно влияет на формирование энергетического баланса и тягового КПД агрегата. Характер этого влияния зависит от типа активного привода колес технологического модуля и типа ходовой системы трактора. Потери на качение тягово-приводного МТА снижаются вследствие двух факторов: уменьшения эксплуатационного веса трактора и передачи привода на опорные колеса технологической части агрегата от двигателя. Последнее объясняется тем, что шины ведущих колес имеют больший диаметр и меньшее давление воздуха в сравнении с шинами опорных колес. Дополнительное снижение буксования движителей МТА возможно при совпадении колеи колесного трактора и колеи технологического модуля.

Потери в трансмиссии МТА несколько возрастут в случае применения механического активного привода колес технологической части агрегата. При большой рассредоточенности ведущих колес на широкозахватном агрегате, а также для автоматического бесступенчатого регулирования кинематического согласования с движителями трактора тягово-энергетической концепции в качестве активного привода колес целесообразен бесступенчатый привод гидрообъемного или электрического типа. Использование таких приводов с более низким, чем у механических трансмиссий, КПД приводит к снижению КПД трансмиссии МТА в целом и к увеличению потерь энергии. Однако удобство гидрообъемных трансмиссий расширяет их применение в сельскохозяйственном машиностроении. Значительное количество сельскохозяйственных машин и их рабочие органы приводятся гидроприводом.

Одним из возможных элементов тягово-приводного агрегата может быть предложен промежуточный тягово-прицепной модуль, который состоит из ведущего моста и универсального гидрофицированного навесного оборудования для агрегатирования полунавесных сельскохозяйственных машин, комбайнов и прицепов.

Перспективным элементом тягово-приводного МТА является комбинированный агрегат на базе технологического модуля с активным приводом опорных колес от двигателя. Комбинированные агрегаты стали выпускать в конце шестидесятых годов прошлого века. За прошедшие годы они получили широкое применение в сельскохозяйственном производстве как у нас в стране, так и за рубежом.

Комбинированные агрегаты представляют собой комплекс технологически согласованных рабочих органов установленных на базовый модуль или на одну машину. Поэтому комбинированные агрегаты могут одновременно выполнять сразу несколько технологических операций, чем они в свою очередь отличаются от других простых сельскохозяйственных машин. Комбинированные агрегаты пользуются преимуществом еще и потому, что они уменьшают количество проходов тракторов и сельскохозяйственных машин по полю для выполнения технологических операций, что, в конечном счете, уменьшает уплотнение почвы и ее удельное сопротивление, при этом уменьшаются энергетические затраты.

Недостатком имеющихся комбинированных почвообрабатывающих агрегатов являются значительные вес и тяговое сопротивление, отсутствие технологической универсальности. Комбинированный почвообрабатывающий агрегат может применяться преимущественно для основной или для предпосевной обработки почвы и в основном предназначен для тракторов класс 3 с номинальным тяговым усилием 30 кН. Для тракторов класса 1,4…2 с номинальным тяговым усилием 14…20 кН практически не предусмотрены комбинированные агрегаты в связи с большим тяговым сопротивлением и малой шириной захвата. Часто отсутствуют рабочие органы активного типа, подрезающие корневую систему сорных растений. Для создания мелкокомковой структуры отдельными агрегатами необходимо проходить несколько раз.

Комплектование комбинированного агрегата на базе технологического модуля с активным приводом опорных колес от двигателя путем установки сменных блоков рабочих органов на базовом тяговом модуле позволит сделать такой агрегат универсальным, более производительным при использовании его увеличенной массы, как сцепной. Такой агрегат может быть использован как для основной, так и предпосевной обработки почвы, а также осенью после уборки зерновых культур для подрезания корневой системы и заделки в почву пожнивных остатков.

Комплектование машинно-тракторных агрегатов на базе энергонасыщенного трактора как отдельно, так и в сочетании с тягово-прицепным модулем, или комбинированным агрегатом на базе технологического модуля с активным приводом опорных колес от двигателя, делает трактор тягово-энергетической концепции универсальным. При этом используется шлейф сельскохозяйственных машин, предназначенных для работы с серийно выпускаемыми тракторами двух смежных тяговых классов, а возможность изменения массы трактора в соответствии с требуемым тяговым усилием, за счет применения тягово-прицепного модуля, исключает необходимость вынужденного перемещения по полю излишней массы трактора, дополнительных затрат энергии и топлива.

Характерной особенностью трактора тягово-энергетической концепции в сравнении с тракторами тяговой концепции является его универсальность, т. е. его можно использовать в разных тяговых классах с различным шлейфом машин. Технологические модули могут быть не только тягово-прицепными, но и другого назначения, например пропашные. Их разработка в перспективе еще больше расширит диапазон технологической универсальности трактора новой технической концепции, позволит расширить технологические возможности и повысить производительность МТА на базе тракторов класса 1,4…2.

Преимущества тракторов тягово-энергетической концепции и МТА на их основе следующие:

-производительность возрастает практически пропорционально повышению единичной мощности;

-универсальность МТА на базе тракторов тягово-энергетической концепции выше благодаря технологическому маневрированию использованием технологического модуля в составе многофункционального МТА;

-снижение вредного воздействия движителей на почву объясняется увеличением числа ведущих осей и колес МТА на базе тракторов тягово-энергетической концепции, что позволяет работать с более низким давлением воздуха в шинах и меньшей осевой нагрузкой;

-материалоемкость МТА на базе тракторов тягово-энергетической концепции ниже, поскольку в образовании тягового усилия участвует вес всего агрегата, а не только трактора;

-снижение расхода топлива обусловлено изменяемостью сцепного веса, повышением степени загрузки в течение года и улучшением тягово-сцепных свойств по сравнению с тракторами тяговой концепции;

-более высокая приспособленность тракторов, особенно широкоиспользуемых класса 1,4…2, к реализации прогрессивных технологий и составлению комбинированных агрегатов благодаря увеличению нагрузочной способности ходовой системы.

1.2 Выбор оптимальных режимов МТА на базе тракторов тягово-энергетической концепции

В качестве объекта моделирования принят тягово-приводной агрегат, частным случаем которого является тяговый МТА, у которого нагрузка на валу отбора мощности трактора равна нулю, а мощность двигателя расходуется только лишь на тяговый процесс.

Основой для разработки тягового и энергетического баланса машинно-тракторного агрегата является тяговая характеристика трактора. Поэтому вопрос достоверности показателей теоретической тяговой характеристики и соответствия их тем показателям, которые трактор тягово-энергетической концепции будет развивать в поле при работе с сельскохозяйственной машиной, является важным. Еще В.Н. Болтинский показал, что в реальных условиях эксплуатации тракторный двигатель развивает более низкие показатели вследствие переменной нагрузки, действующей на него, по сравнению с показателями, получаемыми при действии постоянной нагрузкой. Авторами, при моделировании, было получено снижение мощности, из-за нелинейности регуляторной характеристики. Снижение мощности объясняется уменьшением количества рабочих циклов, за счет снижения частоты вращения двигателя. Происходит "расслоение" характеристики, которое заключается в том, что одному и тому же значению крутящего момента двигателя соответствуют разные значения угловой скорости коленчатого вала. Это снижение мощности не зависит от того, будут или нет физические потери энергии, вызванные изменением условий осуществления процессов в системе вследствие ее колебаний (ухудшение теплового процесса двигателя, рассогласование в САР и т. д.). Наличие таких потерь необходимо учитывать дополнительно.

Для формированная тягово-динамической характеристикой трактора, при обосновании оптимальных режимов тягово-приводных МТА, авторами использовалась динамическая регуляторная характеристика (расслоенная регуляторная характеристика двигателя).

Расчет тягового КПД трактора при переменной нагрузке отличался от расчета тягового КПД при статической нагрузке в соответствии с ГОСТом определяемым выражением , где - максимальная эффективная мощность двигателя; - максимальная тяговая мощность на крюке по тяговой характеристике.



Значения и , используемые для определения КПД трактора, при расслоении тяговой характеристики трактора соответствуют различным режимам работы двигателя. Такая методика определения КПД трактора некорректна, поэтому полученный КПД называют условным тяговым. Чтобы избежать отмеченных недостатков при определении КПД тракторов при переменной нагрузке, использовались значения эффективной мощности двигателя , взятой не по регуляторной, а по динамической регуляторной характеристике для соответствующего режима работы двигателя.



Основной сложностью при расчете тягово-динамической характеристикой двигателя является определение средних значений основных показателей двигателя при переменной нагрузке.

При нахождении вероятно-статистических оценок основных показателей двигателя переменную нагрузку на входе в двигатель авторы представили в виде случайной величины, подчиняющийся закону арксинуса или нормальному закону. В первом случае характер распределения крутящего момента на валу двигателя соответствует моделированию гармонической нагрузки в стендовых условиях или полевых с использованием загрузочных имитационных устройств НАТИ или КубНИИТИМа, а во втором – работе трактора при выполнении технологической операции.

В общем случае плотность распределения вероятностей крутящего момента описывается известными выражениями.



При законе арксинуса:

,



где ;



– частота колебаний крутящего момента;



– амплитуда колебаний крутящего момента;



– начальная фаза гармонических колебаний нагрузки;



- среднее значение крутящего момента на валу двигателя .



При законе Гаусса:

,



где , - соответственно математическое ожидание крутящего момента и его среднеквадратическое отклонение.



При рассмотрении трактора тягово-энергетической концепции вероятностная нагрузка на коленчатом валу двигателя , формируется за счет моментов сопротивления: на ведущих полуосях трактора и на привод ведущих колес технологического модуля . Моменты , и рассматривались авторами как случайные величины. Для описания плотности распределения вероятностей случайных величин и было взято выражение:



где

–соответственно средние значения моментов сопротивления



и;



и – стандарты моментов и ;



– коэффициент корреляции.



При анализе и оценке эксплуатационных свойств машинно-тракторных агрегатов в процессе выполнения технологических операций и процессов в модели использовались фактические и базовые (или номинальные) значения энергетических (частота вращения, часовой расход топлива, эффективная мощность, удельный расход топлива) и технико-экономических (производительность, удельный расход рабочего времени, расход топлива на 1 га, прямы эксплуатационные затраты на единицу выработки) показателей, которые являются "выходом" модели.

Под воздействием случайных внешних факторов энергетические и технико-экономические показатели МТА также являются случайными величинами и определяются своими вероятностно-статистическими оценками: законами распределения, математическими ожиданиями, дисперсиями, среднеквадратическими отклонениями и др.

Авторами было сделано допущение, что выходные показатели связаны с входными воздействиями и функциями связи , устанавливаемыми в процессе кусочно-линейной аппроксимации регуляторной характеристики двигателя Д-240.



Функции , плотности выходных показателей на различных нагрузочных режимах машинно-тракторного агрегата определяются по вероятностным вычислительным моделям c непрерывным случайным аргументом; математические ожидания , дисперсии , стандарты и коэффициенты вариации определяются по модели c дискретным аргументом. По модели c дискретным аргументом определяются также математические ожидания выходных показателей.



Эффективность функционирования МТА на различных режимах работы оценивается частными и обобщенными вероятностными коэффициентами, предложенными профессором Л.Е. Агеевым. Частный коэффициент определяется как отношение математического ожидания показателя к его номинальному значению : .



При установлении оптимальных нагрузочных режимов МТА в качестве критериев оптимальности были приняты экстремумы математических ожиданий: удельного расхода топлива ; прямых эксплуатационных затрат на 1 га и обобщенных коэффициентов .



Непрерывные изменения нагрузки трактора при выполнении машинно-тракторным агрегатом технологических операций приводит к такому же изменению максимальных значений эффективной мощности двигателя и минимальных значений удельных эффективного и погектарного расходов топлива.

Наибольшее отклонение наблюдается для эффективной мощности двигателя, что обусловлено более крутым изломом ее характеристики по сравнению с другими показателями. Таким образом, при более пологой характеристике и менее крутом изломе ее в зоне распределения случайной нагрузки, колебательный характер нагрузки оказывает меньшее влияние на выходной показатель двигателя.

Оптимальный нагрузочный режим выбираем по минимуму обобщенного критерия , который можно рассматривать как компромиссный.



Рисунок - Зависимость эффективной мощности и удельного эффективного расхода топлива от степени загрузки и неравномерности момента сопротивления на входе в двигатель.

При коэффициенте вариации момента сопротивления на входе в двигатель экстремальный уровень нагрузки двигателей изменяется в пределах , а минимальный уровень удельного эффективного расхода топлива при максимальном уровне эффективной мощности . Обеспечение оптимального загрузочного режима позволит повысить эффективную мощность на 3,1% и снизить удельный расход топлива на3,4%.



Таким образом, предложенная вероятностная математическая модель двигателя тягово-приводного агрегата позволила теоретически на основе априорной информации оценить эффективность функционирования МТА скомплектованного на базе трактора с тягово-прицепным модулем.

Непрерывные изменения нагрузки трактора при выполнении машинно-тракторным агрегатом технологических операций требует непрерывного автоматического контроля за обеспечением оптимальности режимов работы тракторного двигателя, что в настоящее время с развитием микропроцессорной техники стало возможным.

При обосновании оптимальных конструктивных параметров комбинированного почвообрабатывающего агрегата на базе технологического модуля авторами были учтены характеристики тракторов, режимов работы созданных на их базе мобильных энергетических систем и почвенные условия эксплуатации.

В основу оптимизации авторами было взято положение, что сменная производительность зависит от рабочих ширины захвата и скорости агрегата, и коэффициента использования времени смены. Учитывалось неоднозначное влияние на рост производительности увеличение рабочих скорости и ширины агрегата.



Повышение рабочей скорости агрегата приводит к увеличению производительности МТА, но одновременно, увеличивает удельное тяговое сопротивление агрегата, которое зависит от почвенных условий, и приводит к повышению энергоёмкости операции. Повышение производительности МТА за счет увеличения рабочей ширины захвата агрегата приводит к увеличению тягового сопротивления и снижению скорости движения, а соответственно и производительности.

Таким образом, оптимизация параметров и режимов работы (рабочей ширина захвата и рабочей скорости различных МТА по максимуму возможна с учетом почвенных условий и влияния скорости на изменение удельного сопротивления агрегата.



Авторами была проведена оптимизация параметров и режимов работы приводных машинно-тракторных агрегатов с комбинированными почвообрабатывающими агрегатами по максимуму теоретической производительности для МТА с тракторами класса 1,4; 2 и 3 для различных по механическому составу почв: песчаных, супесчаных; суглинистых: лёгких, средних, тяжёлых.

Анализ полученных результатов позволил сделать вывод, что достигаемая максимальная теоретическая производительность на различных почвах меняется в широком диапазоне (в 2,6…2,7 раза). Наибольшую теоретическую производительность на каждом типе почв имеют МТА с более мощными тракторами. Оптимальная рабочая ширина захвата каждого из рассматриваемых МТА изменяется более чем в три раза в зависимости от механического состава почв. Для эффективного использования МТА с трактором МТЗ-82 необходимо комплектовать комбинированный почвообрабатывающий агрегат шириной захвата от 2,06 до 5,50 м. Диапазон оптимальных рабочих скоростей МТА является узким (от 6,0 до 7,6 км/ч) и зависит более от класса трактора, чем от типа почв.

По результатам расчетов авторами был сделан выбор оптимальных рабочих скорости и ширины комбинированного почвообрабатывающего агрегата для различных почвенных условий. Учитывая то, что для различных условий работы МТА необходимо иметь комбинированный почвообрабатывающий агрегат с изменяющейся в широких пределах рабочей шириной захвата, за основу была принята конструкция в виде технологического модуля - рамы с ведущими колесами и набором различного количества рабочих модулей. Рабочие модули должны легко соединяться друг с другом в любом сочетании в единый агрегат.

2. Конструкторская часть

2.1 Описание конструкторской разработки

Разработанный образец модульной системы агрегатирования комплектуется из трактора тягово-энергетической концепции и тягово-прицепного модуля с навешенной на него сельскохозяйственной машины, или комплектуется из трактора тягово-энергетической концепции и технологического модуля.

Тягово-приценной модуль макетного образеца тягово-приводного МТА выполнен с использованием корпуса заднего моста трактора МТЗ-80 и заднего ведущего моста автомобиля ГАЗ-52. Тягово-прицепной модуль навешивается на треугольник заднего навесного механизма трактора МТЗ-80/82 или МТЗ-1221 и имеет привод от его вала отбора мощности (ВОМ). Все элементы соединения (навесное устройство, ВОМ, гидро-, пневмо- и электрокоммуникации) обычные. Для стыковки трактора и тягово-прицепного модуля, последний оснащен передней выдвижной опорой. Тягово-прицепной модуль представляет собой тележку с активными колесами оснащенную универсальным гидравлическим навесным оборудованием, необходимым для выполнения полевых технологических операций. Привод ведущих колес тягово-технологического модуля осуществляется через вал отбора мощности трактора. Таким образом, МТА сформированный на базе колесного трактора имеет дополнительный ведущий мост, что позволяет использовать сцепной вес не только трактора, но и тягово-прицепного модуля с навешанным на него сельскохозяйственным орудием.

Существующий энергетический модуль оснащен приводным редуктором, гидронавеской трактора МТЗ-80 и ведущими колесами. Вращение от вала отбора мощности трактора к энергетическому модулю передается через карданный вал и приводной редуктор. Для того чтобы присоединить энергетический модуль к трактору изготавливаются тяга и раскос. К тяге присоединяется прицепное ушко, для того чтобы присоединить к навеске трактора. Тяга крепиться на мост модуля при помощи хомутов, которые привариваются к тяге. Раскос приваривается наверх тяги. Между раскосом итягой устанавливаются втулки для прочности. На раскос сверху устанавливается плита, которая служит для закрепления гидроцилиндра и поворотного вала гидросистемы. Тяги гидросистемы модуля крепятся на ведущий мост при помощи креплений.В плите, раскосе и тяге сверлиться отверстия, для скрепления этих деталей шпильками.

Тягово-прицепной модуль оснащен тем же рабочим оборудованием, что и трактор МТЗ-82. Применение выносной гидравлической системы трактора позволяет применить при выполнение технологической операции позиционно силовой регулятор, что обеспечивает использование части веса орудия для увеличения сцепного веса предлагаемого модуля. Получение дополнительных тяговых усилий позволяет использовать перспективные в том числе полунавесные широкозахватные или комбинированные орудия с тракторами меньшего тягового класса. Разработанный тягово-прицепной модуль оснащен согласующим редуктором, от которого осуществляется привод его ведущих колес и ВОМ.

Для пробного выезда в поле на агрегате необходимо провести ряд следующих регулировок рабочих органов и узлов:

* подготовка прицепного устройства модуля для агрегатирования с трактором.
* проверка гидросистемы трактора и энергетического модуля, чтобы нигде не подтекали шланги.
* установка хода глубины хода рабочих органов: подстановкой подкладок хода рабочих под колеса культиватора и поочерёдным вращением винтовых механизмов, подъёма колес.

Автоматическая блокировка вертикального шарнира транспортно-технологического модуля

Предназначена для автоматической блокировки вертикального шарнира ТТМ при пахоте, на транспорте и др. работах с целью обеспечения прямолинейности хода МЭС, предусмотрена возможность обеспечения принудительного блокирования вертикального шарнира при необходимости маневрирования задним ходом (при сцепке с с.-х. машинами и др.).

Автоматическая блокировка состоит из клапана блокировки, 2-х гидроцилиндров, панели управления с установленными на ней контрольной лампой, выключателями и реле, соединительных шлангов и электроприводов.

Электрический сигнал на разблокирование при автоматической блокировке вертикального шарнира поступает от датчика АБД заднего моста энергомодуля, причем независимо от того, включена АБД энергомодуля или нет.

Клапан блокировки крепится на пластине кронштейна и состоит из корпуса, электромагнита, золотника, толкателя, пружины, пробки.

Через каналы А и Б клапана соединены полости гидроцилиндров (левого и правого), подпитка система осуществляется из гидросистемы трактора. Полость В клапана соединена шлангом с корпусом трансмиссии трактора и предназначена для слива утечек масла.

Управляемый электромагнитом, золотник либо перекрывает полости А и Б (вертикальный шарнир блокирован) либо сообщает их (вертикальный шарнир разблокирован). Выключатель установлен на оси вертикального шарнира и взаимодействует с профильной частью кронштейна, установленного на трубе балансира.

При прямолинейном движении профильная часть кронштейна воздействует на шарик выключателя и контакты его замыкаются; при повороте ТТМ относительно трактора и контакты размыкаются.

Контрольная лампа, сигнализирует о включении блокировки вертикального шарнира.

Выключатель имеет три положения:

-переднее: автоматическое блокирование вертикального шарнира, при этом при прямолинейном движении вертикальный шарнир будет блокирован, так как клапан блокировки перекроет каналы, сообщающие полости левого и правого цилиндров вертикального шарнира; при повороте рулевого колеса трактора на 8°-10° датчик АБД заднего моста трактора, смонтированный на ГУРе разомкнет цепь электромагнита клапана блокировки и блокировка выключается.

-среднее положение: блокировка вертикального шарнира выключена и обеспечивается поворот ТТМ в горизонтальной плоскости относительно трактора 30°.

-заднее положение: принудительное блокирование вертикального шарнира при движении задним ходом (включается одновременно с выключателем).

Положение выключателя, используемое при маневрировании задним ходом:- -переднее: вертикальный блокируется при любом угле поворота относительно вертикального шарнира;

-заднее: выключено; при этом управление блокировкой вертикального шарнира осуществляется выключателем.

Автоматическая блокировка вертикального шарнира действует следующим образом:

-блокировка выключена, масло из полостей цилиндров перетекает через каналы клапана блокировки, обеспечивая свободный поворот ТТМ относительно трактора; с целью гашения возникающих при наезде на препятствия и поворотах угловых колебаний ТТМ относительно вертикального шарнира в магистралях, соединяющих разноименные полости левого и правого цилиндров установлены замедлительные клапаны.

- включена автоматическая блокировка; обмотка магнита управления золотником клапана блокировки соединяются через выключатели, реле, электрическую цепь с датчиком АБД трактора; если датчик АБД включен, магнит передвигает золотник клапана блокировки, перекрывает его каналы; шарнир блокируется. Блокирование при этом возможно только при прямолинейном движении МЭС (трактора и TIM), т.е. когда контакты выключателя (датчика) замкнуты.

При повороте колес трактора более чем на 10°...12° датчик АБД размыкает цепь, также обесточивается обмотка клапана блокировки вертикального шарнира, и пружиной золотник переводится в выключенное положение: вертикальный шарнир при этом разблокируется.

Блокирование принудительное. B этом случае обмотка магнита замыкается на "+" источника питания, золотник перекрывает каналы клапана блокировки и вертикальный шарнир блокируется. Позиция используется только одновременно с выключателем - для маневрирования задним ходом.

Автоматическое блокирование используется на пахоте, транспортных работах для повышения устойчивости прямолинейности хода, предотвращения "складывания" агрегата трактор - ТТМ и др. Принудительное блокирование при маневрировании задним ходом используется при движении задним ходом по прямой, кривой траектории, сцепке с СХМ.

Вертикальный шарнир ТТМ при этом может быть заблокирован под любым углом - от 0° до 30°. При этом выключатель автоматической блокировки вертикального шарнира должен быть установлен в положение "принудительное" (заднее). При окончании маневрирования задним ходом выключатель должен быть выключен. Заполнение системы автоматической блокировки вертикального шарнира ТТМ маслом осуществляется от дополнительных выводов гидросистемы трактора T-I42: для этого выводы системы блокировки ТТМ соединяются с помощью быстросоединяемых муфт шлангами с дополнительными выводами гидросистемы трактора, после соединения рукоятка гидрораспределителя используемой секции поочередно устанавливается в положение "подъем" и "опускание".

Таблица 1. Техническая характеристика МЭС-200

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Показатель | ЭМ | ТТМ | МЭС |
| Эксплутационная масса без балласта,кг | 5200 | 2380 | 7580 |
| Распределение сцепного веса, Н, по осям: |  |  |  |
| -передняя | 18100 | 2300 |  |
| -задняя | 33900 | 21500 |  |
| Дорожный просвет, мм | 460 | 470 | 460 |
| Колея, м | 1,4-2,1 | 1,4-2,1 | 1,4-2,1 |
| Размер шин | 16-20 | 16,9/14-30 | 16,9Р38 |
| Минимальный радиус поворота, м | 4,5 | - | 5,5-5,9 |
| Габаритные размеры, мм | 4548x2050x  x2975 | 3140x2259x  x1421 | 7320x2295x  x2975 |

2.2 Расчет и построение тяговых характеристик трактора МТЗ-82 с использованием энергетического модуля и без него

Для расчета передаточного отношения трансмиссии энергетического модуля воспользуемся коэффициентом кинематического несоответствия:

(3.6)



где и - соответственно теоретические скорости задних ведущих колес трактора и колес энергетического модуля.



Теоретические скорости задних ведущих колес трактора и колес энергетического модуля определим соответственно:

(3.7)



где – угловая скорость коленчатого вала двигателя;



-передаточное отношение трансмиссии трактора;



- передаточное отношение трансмиссии энергетического модуля.



С учетом последнего коэффициент кинематического несоответствия будет равняться:

(3.8)



Наилучшие тяговые показатели трактора с энергетическим модулем возможны при условии, что коэффициент кинематического несоответствия будет равняться нулю. Тогда

(3.9)



Динамические радиусы ведущих колес трактора и колес энергетического модуля определяем по следующей формуле:



(3.10)



где и - соответственно диаметр посадочного обода и ширина профиля колеса в мм.



,



.



Подставляя, для примера, значения передаточного отношения трансмиссии для шестой передачи и значения динамических радиусов получим:



Учитывая, что передаточное отношение трансмиссии ВОМ равно , тогда требуемое передаточное отношение моста энергетического модуля будет равно:



Такое передаточное отношение имеет ведущий мост автомобиля ГАЗ-52.

С учетом того, что масса энергетического модуля составляет определим максимальную касательную силу тяги энергетического модуля по сцеплению.



,



где  – коэффициент сцепления;



- ускорение свободного падения.



Используя справочные данные трактора МТЗ-82 готовим исходные данные для расчета на ПЭВМ тяговых характеристик трактора и сводим их в таблицу 3.1. При расчете тяговой характеристики трактора определяем для заданных значений и , величины теоретической и действительной скорости (,), касательной силы тяги и крюкового усилия ( и ), крюковой или тяговой мощности , удельного крюкового расхода топлива в функции оборотов дизеля на каждой передаче и значения тягового КПД при номинальной нагрузке дизеля. Расчетные формулы имеют вид:



(3.11)



(3.12)



где - буксование.



При расчете буксования использовались формулы, полученные путем аппроксимации усредненных опытных кривых буксования для различных агрофонов. Для колесных тракторов:

; при >0,5(3.13)



; при y≤0,5(3.14)



где



Касательная сила тяги;

,(3.15)



Сила сопротивления качению трактора:

(3.16)



Крюковое усилие:

(3.17)



Крюковая мощность:

,кВт(3.18)



Удельный крюковой расход топлива:

; г/кВт ч(3.19)



Тяговый КПД:

;(3.20)



Таблица 3.1. Исходные данные для расчета на ПЭВМ

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Наименование | Обозначение | Величина |
| Номинальная мощность двигателя, кВт | Nен | 58,84 |
| Номинальная частота вращения, об/мин | nен | 2200 |
| Номинальный удельный расход, г/кВт ч | gен | 238 |
| Мощность снимаемая с ВОМ, кВт | NВОМ | 39,62  30,93  17,96  9,84  9,41  9,08  7,83  7,41  0 |
| КПД трансмиссии | ηтр | 0,867  0,866 |
| КПД привода ВОМ | ηвом | 0,881  0,908 |
| Радиус ведущего колеса, м | rк | 0,725 |
| Количество передач | z | 8 |
| Передаточные числа трансмиссии | iтр | 241,95  142,1  83,53  68,0  57,43  49,06  39,94  33,73 |
| Масса трактора, т | mэ | 3,2 |
| Коэффициент сцепления | ϕсц | 0,7 |
| Коэффициент качения | f | 0,09 |
| Коэффициент сцепной массы | λк | 1 |

3.3 Расчёт операционных карт

3.3.1 Расчёт операционной карты для агрегата МТЗ-82+ПЛН-3-35

Исходными данными для расчёта операционной карты служат следующие характеристики производственных условий:

Площадь поля – 133га.

Длина гона – 350м.

Аэрофон – стерня.

Культура – озимая рожь.

Для вспашки стерни применяем трактор МТЗ-82 в агрегате с плугом ПЛН-3-35 с шириной захвата 1,05 м.

Таблица 3.3.1 - Техника–экономическая характеристика трактора МТЗ-82

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Показатели | Передачи трактора | | | |
| 3 | 4 | 5 | 6 |
| Тяговая мощность Nmax, кВт | 13,5 | 22,6 | 26 | 29,4 |
| Тяговое усилие Р н, кН | 14,7 | 14,55 | 11,87 | 13,8 |
| Рабочая скорость; км/ч | 3,3 | 5,6 | 7,35 | 8,9 |

Определяем вес плуга, приходящегося на один корпус:

(2.1)



где -вес плуга ,Н;



-количество корпусов, шт.



Тяговое сопротивление одного корпуса.

(2.2)



где - глубина, м;



- ширина захвата, м;



-удельное тяговое сопротивлению;



g кор.- вес на один корпус плуга, Н;

– коэффициент .



(2.3)



Коэффициент использования силы тяги.

(2.4)



где - тяговое усилие.



- коэффициент использования силы тяги трактора .



Таким образом обработка должна производиться на четвёртой передаче со скоростью 5,6 км/ч. Возможно работать на пятой передаче со скоростью 7,35 км/ч.

Снижение производительности из – за холостых ходов на поворотах зависит не только от кинематической характеристики или формы поворота, но и от способа движения. Радиус поворота R=6м.

Номинальная ширина поворотной полосы.

(2.5)



Длина рабочего хода.

(2.6)



где – длина гона, м.,



Средняя длина холостого хода, (2.7)



где – длина выезда агрегата, ,



Определяем коэффициент рабочих ходов.

(2.8)



Время рабочего хода.

(2.9)



Время холостого хода

(2.10)



Производительность за один рабочий ход

(2.11)



где Вр. – ширина захвата, м.,



Часовая производительность (2.12)



где . – коэффициент захвата .



Сменная производительность агрегата.

(2.13)



где Тр – чистое рабочее время в течении смены, ч.

(2.14)



Время подготовительно – заключительно работы.

(2.15)



где –затрат времени на техническое обслуживание трактора;



–затраты времени на техническое обслуживание культиватора;.



– время получения наряда;



– время сдачи работы.



Время организационно – технического обслуживания агрегата на загоне.

(2.16)



где – время очистки рабочих органов.



– время технического регулирования органов



– время технического обслуживания



− время отдыха на механизированных работах



Коэффициент вспомогательных работ определяется по формуле:

(2.17)



Коэффициент поворотов.

2.18)



где – средняя рабочая скорость



Коэффициент внутренних переездов с поля на поле.



где − время подготовки агрегата к переезду;



– расстояние одного переезда;



– средняя площадь поля;



– транспортная скорость агрегата;



Определяем расход топлива:

(2.21)



где



Определяем расход топлива на весь объём работ.

(2.22)



3.3.2 Расчёт операционной карты для агрегата МТЗ-82+ТТМ+ПЛН–4–35

Исходными данными для расчёта операционной карты служат следующие характеристики производственных условий

Площадь поля – 133га.

Длина гона – 350м.

Аэрофон – стерня.

Культура – озимая рожь.

Для вспашки стерни применяем трактор МТЗ-82 в агрегате с плугом ПЛН-4-35 с шириной захвата 1,40 м.