

# Специальное приложение журнала "Изобретатель"

## НАУЧНЫЕ ПУБЛИКАЦИИ

### Редколлегия:

**Бородуля В.А.** – доктор техн. наук, профессор, чл. кор. НАН Беларуси

**Герасимович Л.С.** – доктор техн. наук, профессор, академик НАН Беларуси

**Девойно О.Г.** - доктор техн. наук, профессор

**Ивашко В.С.** - доктор техн. наук, профессор

**Ловшенко Г.Ф.** - доктор техн. наук, профессор

**Саранцев В. В.**, канд. техн. наук, доцент, отв. секретарь

**Струк В.А.** - доктор техн. наук, профессор

**Ярошевич В.К.** - доктор техн. наук, профессор

УДК 631.333-585.004.17

### Содержание:

#### 1. ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ КАЧЕСТВ АГРЕГАТОВ ДЛЯ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

## Повышение эксплуатационных качеств агрегатов для внесения минеральных удобрений

Бобровник Александр Иванович, доктор технических наук

Белорусский национальный технический университет

**Ключевые слова:** агрегатирование, вал отбора мощности, качество внесения удобрений, машинно-тракторный агрегат, производительность, технический уровень, частота вращения

### Введение

Успехи и достижения сельского хозяйства Республики Беларусь очевидны, однако имеются многочисленные проблемы, которые не удается решить на протяжении многих лет. Энергоемкость ВВП у нас в 1.5-2 раза выше, чем в развитых государствах со сходными климатическими условиями и структурой экономики. Высока материалоемкость отечественной продукции [1], что свидетельствует о недостаточном внимании

производителей техники соответствия ее новейшим тенденциям в развитии сельхозтехники, выпуска современного широкого спектра сельхозмашин, постоянного совершенствования конструкций, улучшения технологии изготовления, повышения их качества и надежности, реализации современных высокоэффективных ресурсо- и энергосберегающих технологий в сельском хозяйстве.

Современное состояние главного нашего богатства – земли характеризуется, как отмечает академик В.Г. Гусаков [1], так занимая всего 6.9% сельскохозяйственных угодий республики 100 лучших агропромышленных предприятий производят 20% валовой

продукции сельского хозяйства страны, имеют 28,2% выручки от реализации продукции от общего объема по республике, платят 22,2% налогов и формируют 39,4% прибыли. Вместе с тем в 47 районах республики произошло снижение запасов в почвах фосфора, в 45 районах калия, 69 районах – гумуса. Низкая обеспеченность элементами питания улучшенных сенокосов и пастбищ является следствием низких объемов применения удобрений как при перезалужении или коренном улучшении, так и в период их использования. В хозяйствах практически отсутствуют так называемые глубинные склады минеральных удобрений с регулируемым микроклиматом, что приводит из-за ненадлежащего хранения к ухудшению физико-механических и химических свойств минеральных удобрений. Среди прочих причин недоборов урожаев – несовершенство или полное отсутствие необходимых машин, оборудования и приборного обеспечения. Следствием такой ситуации являются несоблюдение оптимальных агротехнических сроков и низкое качество выполнения технологических процессов в растениеводстве и наконец относительно низкая продуктивность полей а также низкая а зачастую отрицательная рентабельность производства отдельных видов продукции растениеводства. А ведь 1 кг NPK должен окупаться 8-10 кг зерна. По мнению ученых основные потери в производстве порождаются очень слабой технологической дисциплиной и ресурсотехническими дефицитами [1]. Поиску путей повышения эксплуатационных показателей

машинно-тракторных агрегатов для внесения минеральных удобрений на основе анализа режимов работы технологических приводов и их рабочих органов в эксплуатационных условиях посвящена настоящая статья.

**Результаты исследований** Важнейшими ресурсами сельского хозяйства являются минеральные удобрения, известковые материалы, микроудобрения, как основа увеличения урожайности всех сельскохозяйственных культур [2]. Ежегодно в республике вносится твердых и жидких минеральных удобрений физическим весом соответственно около 5 млн. тонн и 500 тыс. тонн и, около 3 млн. тонн известковых материалов. Для высоко производительного внесения удобрений необходимо при комплектовании машинно-тракторных агрегатов подобрать соответствующие самоходные машины, прицепные или навесные разбрасыватели, агрегируемые с тракторами необходимого тягового класса, выбрать рациональный скоростной режим, чтобы агрегат обеспечивал наименьшие затраты труда и средств. Характеристики параметров отечественных машин, рекомендуемых для операций транспортировки и внесения удобрений приведены в [3]. В таблице №1 приведены сроки внесения удобрений для различных культур. На внесении удобрений в основном используются прицепные агрегаты с колесными тракторами общего назначения, загрузка которых в течении года по данным [4]. составляет 14 % от общего времени эксплуатации.

Таблица №1. Сроки внесения удобрений

Культура	Предшественник	Сроки внесения,	Агрофон	Агрор-срок, дни	Кoeffициент сопротивления перекачиванию
Озимая рожь	Запашка органических удобрений	16.08.-20.08	Запашка органических удобрений	5	0,15
Озимая пшеница	Запашка органических удобрений	25.08-30.08	Запашка органических удобрений	5	0,15
Ячмень	Картофель Клевер Озимые	21.04-25.04	Весенняя культивация	5	0,15
		21.04-25.04	Весенняя культивация		0,15
		21.04-25.04	Весенняя культивация		0,15
Овес	Озимые	15.04-19.04	Весенняя культивация	5	0,13
Лен	Озимые	15.04-19.04	Весенняя культивация	5	0,13
Озимая рожь	Многолетние травы	15.04-19.04	Боронование посевов	5	0,11
Озимая пшеница	Многолетние травы	1.04-5.04	Боронование посевов	5	0,11
Сахарная свекла	Озимые	15.04-18.04	Запашка органических удобрений осенью	5	0,15
Картофель	Зерновые	16.04-20.04	Запашка органических удобрений осенью	5	0,15
Кукуруза	Пропашные	16.04-20.04	Запашка органических удобрений осенью	5	0,15

Однако эти машины и агрегаты по своим технико-экономическим показателям и качеству распределения удобрений уступают зарубежным аналогам, несвоевременно проводится их модернизация в соответствии с новейшими тенденциями в развитии сельскохозяйственной техники. При этом выбытие техники, выпускаемой в республике малыми партиями, превышает ее поступление в хозяйства республики. Дисбаланс потребности в технике, например, по машинам для высокоточного внесения твердых минеральных удобрений достигает 100% [1]. Опыт зарубежных стран свидетельствует, что выпускать весь комплекс машин для сельскохозяйственного производства возможно только высокоразвитым странам, таким как Германия, США, Англия и т.п. Остальные же государства часть машин от потребной номенклатуры закупают в других странах. Развитие ситуации в мировом сельхозмашиностроении нельзя считать благоприятным для российских, украинских, белорусских компаний. Наиболее привлекательные рынки продолжают заполняться не только продукцией известных североамериканских, западноевропейских и японских фирм, но уже индийских и китайских. Первую десятку доходов ведущими мировыми производителями в -2012 году в млн долл. от продажи сельскохозяйственной техники составляют соответственно: John Deere с доходом 27,12., CNH Global 15,65, AGCO 9,96, Kubota 8,48, Yanmar 8,79, CLAAS 4,56, Mahindra & Mahindra 3,47, Iseki 1,77, YTO Group 1,61, SAME Deutz - Fahr 1,57 [5]. Для внесения твердых и жидких минеральных удобрений, известковых материалов имеется большое разнообразие конструкций машин и их рабочих органов. Качество внесения удобрений зависит прежде всего от физико-механических свойств удобрений и почв, конструкции подающих и распределяющих рабочих органов, степени синхронизации скоростей движения машины и питающих аппаратов, эксплуатационных факторов.. Центробежные разбрасыватели твердых минеральных удобрений попрежнему остаются доминирующими на мировом уровне, что связано с их низкой закупочной стоимостью, высокой производительностью и небольшими эксплуатационными расходами. Так рассеиватель минеральных удобрений PV-3000, предназначенный также для подкормки озимых зерновых культур, лугов и пастбищ грузоподъемностью 3 тонны имеет ширину внесения двумя дисками до 28 метров. Навесные распределители удобрений DPX PRIMA 9-24m, X36 12-36 фирмы SuLKU (Франция) позволяют вносить удобрения от 60 до 1000 кг/га центробежными рабочими органами, имеющими лопатки различной длины с высокой точностью внесения от 3,5% до 7,5% за счет 4-х кратного перекрытия секторов разброса. Лопатки выполнены из нержавеющей стали с наплавом карбида вольфрама для придания повышенной износостойкости. Изменение ширины распределения удобрений выполняется без перестановки лопаток. Вибромешалка с демпферным механизмом предотвращает образование сводов и не травмирует гранулы минеральных удобрений. Для обработки поворотных полос имеется возможность работать на одну сторону. Пред-

усмотрено дистанционное управление с кабины тракториста тросовым механизмом, возможна установка электронной системы управления. С каждой машиной прилагается прибор для определения неравномерности внесения и качества удобрений. X36 может быть оборудован системой взвешивания, которая дает возможность выполнить тест на калибровку скорости, задавать и корректировать норму внесения, а пульт автоматически будет ее поддерживать. Данное устройство имеет 100% совместимость с GPS и различными программными приложениями. На прицепном разбрасывателе удобрений DPA XLT 9 44m с объемами бункеров 4000/5000/6000 л для снижения колебаний машины во время движения устанавливается подрессоренное прицепное устройство с возможностью изменения жесткости. Имеется система для соблюдения дозы внесения удобрений независимо от скорости движения трактора, регулируемая колея колес для работы по технологической колее. Прицепные распределители удобрений модельного ряда DPA POLYVRAC грузоподъемностью от 6,0 до 28,0 т и более со шнековым распределителем и гидравлическим приводом на конце штанги с шириной захвата 6/9/12/14 м и дозой 100-6000 л/га позволяют установить электронный комплект для контроля и управлением рабочим процессом.

Компания AMAZONE-WERKE представила новый распределитель со взвешивающим устройством ZA-M profiS с полезной нагрузкой до 3100 кг. Имеется возможность регулировки нормы внесения для сбалансированной подкормки. Полуавтоматическая регулировка нормы внесения производится посредством компьютера. Автоматическая регулировка нормы внесения с учетом уже имеющегося азота производится посредством интерактивной сенсорной техники. Высокоточный распределитель удобрений высшего класса AMAZONE ZG ultra Hydro с бункером на 5500 и 8200 литров и максимальной шириной захвата до 48 метров с гидравлическим приводом предлагает полную независимость от оборотов коленчатого вала двигателя и скорости движения трактора. Современные трактора с комфортными системами гидравлического управления могут всегда ехать на оптимальных оборотах двигателя и значительно экономить топливо. Основным преимуществом данной системы привода является гибкая регулировка ширины захвата на краю поля и при распределении удобрений на клиньях полевых угодий. 6-кратное программируемое переключение или недостаточное внесение удобрений на больших площадях. На выставке сельскохозяйственной техники Agritechnika, прошедшей с 12 по 16 ноября 2013 года в Ганновере золотой медалью отмечена установка спектра разбрасывания удобрений AXMAT, разработанная фирмами Rauch и MSO AXMAT – это революционная система измерения подачи и регулирования внесения удобрений для двухдисковых разбрасывателей на основе радиолокации. Это первый в мире разбрасыватель, который в полностью автоматическом режиме регулирует точное распределение с учетом желаемой ширины захвата. Показатель веера рассеивания удо-

бренний постоянно измеряется во время движения, и в случае, если он отклоняется от оптимального, в работу разбрасывателя вносится поправка. Подаваемая расчетная доза автоматически регулируется техникой взвешивания или электронным контроллером массового потока, отклонения распознаются и выравниваются с учетом изменения физических (гранулометрических) свойств удобрений в зависимости от партии или из-за погодных-климатических условий.

Энергоемкость процесса внесения удобрений складывается из затрат мощности на передвижение агрегата и затрат мощности на привод рабочих органов. При неустановившихся режимах движения, обусловленных изменением рельефа местности, изменением скоростного режима или тягового сопротивления, происходят изменения мощности, передаваемой на систему отбора мощности мобильного агрегата, вызывающие нестабильность работы агрегатов, что, в свою очередь, ведёт к ухудшению их эксплуатационных качеств. Поэтому актуальной является задача стабилизации частоты вращения независимого вала отбора мощности (ВОМ) при различных режимах нагружения привода, что позволяет повысить производительность МТА и качество выполнения сельскохозяйственной операции.

В настоящее время наряду с тракторами существующей тягово-энергетической концепции появились тракторы новой энергетической концепции с увеличением отбора мощности для привода рабочих органов сельскохозяйственных машин. Для этой цели выполняется совершенствование дизельных двигателей, улучшение их экономичности, увеличение их долговечности, обеспечение требований экологии. Реализовать во всем диапазоне режимов работы двигателей высокие мощностные, экономические и экологические

показатели возможно применением автоматизированного электронного управления впрыском топлива в цилиндры. Необходимость экономного расхода топлива обусловлена повышением цен на нефтепродукты и ростом выбросов в атмосферу CO<sup>2</sup>. Общепринятым показателем топливной экономичности дизелей является удельный эффективный расход топлива на режимах внешней скоростной характеристики – на режимах номинальной мощности и максимального крутящего момента. При этом в лучших высокооборотных зарубежных дизелях достигнутый минимум расхода топлива составляет 190...192 г/кВтч, а в отечественных – 210...230 г/кВтч. Так как дизели на машинно-тракторных агрегатах работают с неполной нагрузкой, то показатели их экономичности ухудшаются. Поскольку оценка топливной экономичности дизеля по удельным эффективным расходам топлива на режимах номинальной мощности и максимального крутящего момента не является исчерпывающей, то такую оценку проводят по условному среднему расходу топлива, взятому из многопараметрической характеристики дизеля [6]. Если условия эксплуатации трактора часто меняются, то разработан блок отбора мощности, который может быть включен под нагрузкой. Здесь же дается характеристика расхода топлива двигателя при оборотах 800-2400 мин<sup>-1</sup> для TCD 3,6 L4-9520105. Минимальный расход топлива имеет место при 1400 мин<sup>-1</sup> и моменте 300 Нм [ 7 ]. Потребление дизельного топлива шестицилиндровым двигателем мощностью 149 кВт.с системой впрыска CommonRail и системой деактивированного Boost, турбонаддувом и охлаждением наддувочного воздуха трактора Deutz-Fahr Agrottron TTV 630 приведено в таблице 2 [ 8 ].

Таблица №2 Технические данные трактора при работе с валом отбора мощности

	Тип работ	Мощность	Частота вращения,	Удельный расход, г/кВтч	Часовой расход, л/ч
1	Стандартный ВОМ 540	100%	1878	234	40,5
2	Экономичный ВОМ 540Е	100%	1608	225	34,8
3	Стандартный ВОМ 1000	100%	1869	234	40,5
4	Экономичный ВОМ 1000Е	100%	1600	225	34,8
5	Двигатель при максимальных оборотах	80%	макс	251	34,2
6	Высокая мощность	80%	90%	238	32,4
7	Транспортные работы,	40%	90%	279	19,0
8	Небольшая мощность, ½ числа оборотов	40%	60%	239	16,3
9	Высокая мощность, ½ числа оборотов	60%	60%	222	20,3
10	Максимальная мощность без ВОМ/ с ВОМ	131,2/ 146,4	1850	240/236	36,0/40,0
11	Мощность при номинальном числе оборотов без ВОМ/ с ВОМ	127,5/ 142,6	2100	249/246	37,9/42,0
12	Расход топлива при максимальном числе оборотов без ВОМ/ с ВОМ	125/ 140	2100	250	37,6/41,3

Максимальный крутящий момент без ВОМ/ с ВОМ -746/790 Нм, запас крутящего момента без ВОМ/

с ВОМ -28,6/21,8. Падение крутящего момента-48%. Число передач коробки-бесступенчато..

Трактора фирмы Massey Ferguson серии 8400 с мощностью двигателя 215-290 л.с., оборудованных трансмиссией Дуна –VT с бесступенчатым регулированием скорости переднего хода 0.03-28,0 км/ч, имеет три режима: максимальная мощность, экономичный режим и режим стабилизации оборотов ВОМ. Фирма John Deere выпускает трактора серии 7020 мощностью 125-147 л.с. с двух поточной бесступенчатой коробкой передач фирмы ZF с постоянной частотой вращения вала отбора мощности. Для отечественных тракторов в соответствии с [ 9 ] на тягово-приводных операциях по условиям требования к частоте вращения хвостовика вала отбора мощности допускается снижение частоты вращения коленчатого вала тракторного двигателя не ниже 90% номинальной. При снижении частоты вращения ниже 0,9 номинального значения должно последовать переключение на низшую передачу для уменьшения тягового сопротивления пропорционально перепаду передаточных чисел.

Самым инновационным типовым рядом тракторов является поколение Favorit 900 Varjo с установленной максимальной мощностью от 145 до 210 кВт. Все рабочие и управляющие функции объединены в одно целое, в центре которого находится джойстик, варио терминал и панель управления. Наличие бесступенчатой трансмиссии, ходового механизма, рассчитанного на скорость 50 км/ч в диапазоне частот вращения коленчатого вала двигателя 1800-2000 мин<sup>-1</sup>, позволяет экономить до 10% топлива. Система автоматического контроля производит пуск вала отбора мощности в зависимости от потребной мощности сельхозмашин и контролируется высокочувствительной электронной системой.

Для повышения качества выполняемых технологических операций, снижения погектарного расхода топлива, повышения надежности технологического процесса и долговечности узлов двигателя агрегатов переменной массы целесообразно системы отбора мощности тракторов оборудовать устройствами для поддержания заданной частоты вращения хвостовика независимого вала отбора мощности. О недостатках системы отбора мощности тракторов отмечается и в работе [10]. Разработанный электромеханический привод позволил работать с частотой вращения ножа косилки КС-21 916-1370 мин<sup>-1</sup> на рабочих скоростях трактора Т-25А 2,8...7,7 км/ч, обеспечить бесступенчатое изменение скорости с автоматическим поддержанием загрузки двигателя на уровне 80%, снизить удельный расход топлива с 255 г/кВтч до 229 г/кВтч и повысить производительность на 25%. Исследователями установлено также, что перевод работы двигателя на частичный режим при сохранении скорости движения мобильных технологических агрегатов переменной массы переключением на более высокую скорость повышает также долговечность узлов двигателя. Однако для перевода агрегата на экономичный режим необходима разработка гидромеханической системы с электронной системой управления.

В связи с постоянным совершенствованием элек-

троники в мировом тракторном и сельскохозяйственном машиностроении идет ее дальнейшее развитие. Практически все производители тракторов сегодня могут уже оснащать свою продукцию электронными системами управления двигателем, передним и задним валами отбора мощности (ПВОМ и ЗВОМ), приводом переднего ведущего моста (ПВМ), блокировкой дифференциала (БД) переднего ведущего и заднего моста, коробкой передач, распределителями гидронавесной системы (ГНС) через информационную систему с общей шиной «CAN-BUS». Реализация этого требования осуществляется созданием либо многоступенчатых коробок передач, переключаемых под нагрузкой, либо полностью бесступенчатого гидростатического двухпоточного привода. Большинство электронных систем устанавливается как штатное оборудование. Как правило, производством узлов для электронных систем управления тракторов занимаются специализированные предприятия. По заказу изготовителей тракторов они разрабатывают и затем поставляют электронные системы управления комплектно: электронный блок, датчики, пульт управления или отдельные органы управления, информационный дисплей или панель с сигнализаторами и индикаторами режимов работы и диагностики неисправностей. Часто электронный блок делают совмещенным (в одном корпусе) с элементами сигнализации, индикации и органами управления. По заказу тракторы оснащаются навигационными системами, обеспечивающими сервисный мониторинг, а также системами «точного земледелия», переводящими агротехнологии на более высокий качественный уровень. Проанализировав представленные на рынке тракторы также можно сделать вывод, что существующие достижения электронной промышленности, направлены на обеспечение комфортных условий труда оператора автотракторной техники. Это и расширение информативности, и повышение удобства восприятия информации, представляемой приборами, освобождение оператора от повторяющихся операций, обеспечение своевременной диагностики узлов трактора. В целом современные электронные системы позволяют более полно реализовать возможности силового агрегата трактора, повысить производительность, уменьшить потребление топлива и, соответственно, снизить затраты при выполнении сельскохозяйственных работ. На основе данных компьютера водитель может оптимизировать технологический процесс. В последнее время в комплексные системы управления стали внедряться системы прецизионного земледелия на базе спутниковой навигации GPS (Global Positioning System), обеспечивающие снятие карты полей, получение карты для внесения удобрений, управление агрегатами в зависимости от скорости движения и карты внесения удобрений. В Республике Беларусь непосредственным разработчиком концепции отечественного тракторостроения является Минский тракторный потоками завод (ОАО «МТЗ») – один из крупнейших произво-

дителей тракторной техники не только в СНГ, но и в мире, он включает в себя важнейшие научно-технические, конструкторские решения. ведет научно-исследовательские работы по совершенствованию системы отбора мощности тракторов для привода сельскохозяйственных машин с постоянной частотой вращения рабочих органов при изменении в широком диапазоне частоты вращения коленчатого вала двигателя, позволяющей при переходе работы двигателя на частичный режим экономить топливо на 5-15%, повысить надежность выполнения технологического процесса внесения удобрений мобильными агрегатами, снизить шум двигателя. Разработан и проведены испытания заднего вала отбора мощности трактора «БЕЛАРУС» класса 5,0, позволяющего переходить на экономичный режим при уменьшении загрузки двигателя [11].

Для оценки экономичности работы двигателя нами совместно с ОАО «МТЗ» получены скоростные характеристики двигателей, устанавливаемых на трактора «БЕЛАРУС» класса 5,0 при работе на частичных режимах, приведенные на рисунках 1 – 3. Краткие технические характеристики двигателей даны в таблице 3.

Доц. ВФ 06М 1013FC

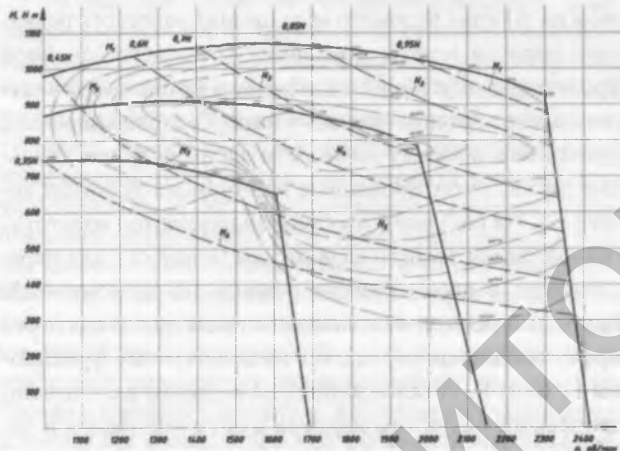


Рисунок 1. Скоростная характеристика работы двигателя BF06M1013FC фирмы Deutz (Германия)

на частичных режимах

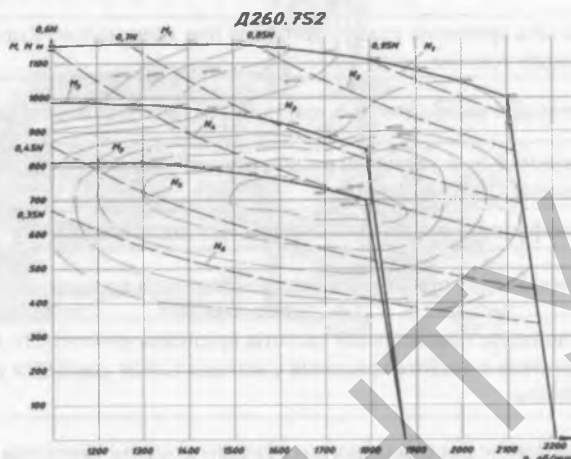


Рисунок 2. Скоростная характеристика работы двигателя D260.7S2 ОАО «ММЗ» (Республика Беларусь) на частичных режимах

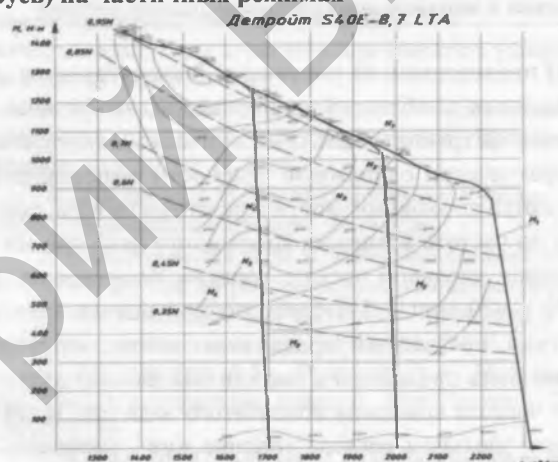


Рисунок 3. Скоростная характеристика работы двигателя S40E-8,7LTA фирмы Detroit Diesel (США) на частичных режимах

Таблица 3. Краткая техническая характеристика двигателей

Наименование показателя	Значение показателя		
	Deutz	ОАО «ММЗ»	Detroit Diesel
Изготовитель			
Марка двигателя	BF06M1013FC	D260.7S2	S40E-8,7LTA
Рабочий объем цилиндров, л	7,146	7,120	8,700
Мощность, кВт:			
	- номинальная	205	195
	- эксплуатационная	181	176
- допустимая на ВОМ	168	163	
Максимальный момент, Н.м	1070	1140	1420
Момент двигателя при минимальном удельном расходе топлива, Н.м	780	700	1300

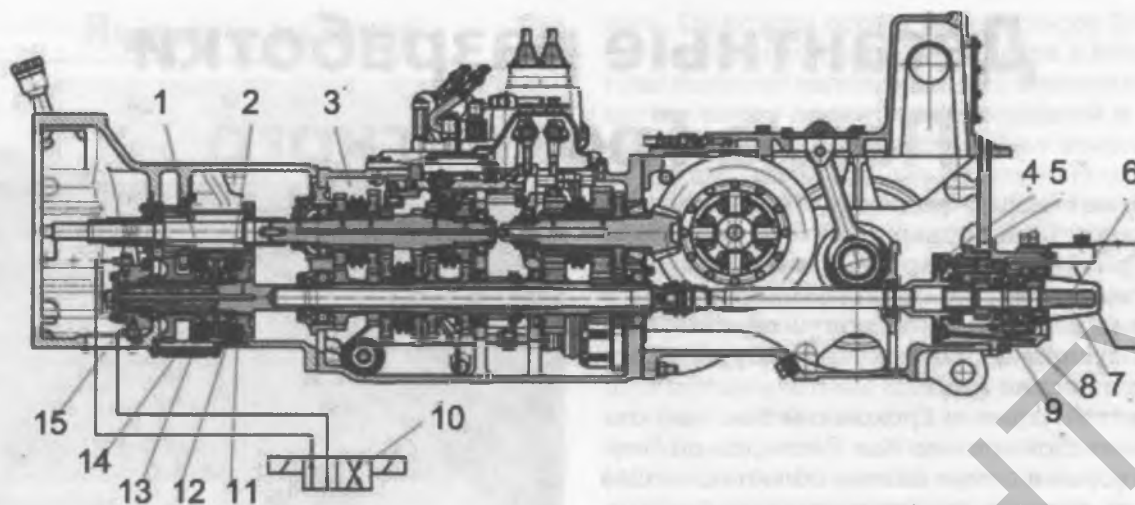
Частота вращения коленчатого вала при номинальной мощности, мин <sup>-1</sup>	2200	2100	2200
Частота вращения коленчатого вала при минимальном удельном расходе топлива, мин <sup>-1</sup>	1950	1680	1530
Удельный расход топлива при номинальной мощности (г/кВт·ч)	228	230	260
Минимальный удельный расход топлива при эксплуатационном моменте (г/кВт·ч)/Нм	160/780	161/700	205/1300
Коэффициент приспособляемости двигателя по моменту	1,15	1,14	1,67
Коэффициент приспособляемости двигателя по частоте вращения	1,43	1,33	1,65
Отношение номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя к частоте вращения с минимальным удельным расходом топлива	1,18	1,25	1,45
Отношение максимального крутящего момента двигателя к крутящему моменту при минимальном удельном расходе топлива	1,24	1,62	1,09
Отношение удельного расхода топлива при номинальной частоте вращения к минимальному удельному расходу топлива	1,42	1,42	1,27

Из приведенных на рисунках 1-3 характеристик и приведенных в таблице 3 данных видно, что устанавливаемые на трактор «БЕЛАРУС» класса 5,0 двигателя при практически одинаковой мощности существенно отличаются по экономичности и режимам работы, особенно по частоте вращения коленчатого вала при минимальном удельном расходе топлива, отличающихся на 270 и 420 мин<sup>-1</sup>. Для более полной оценки кроме известных показателей предложены новые, которые должны быть приведены в паспортных данных двигателей: частота вращения коленчатого вала при минимальном удельном расходе топлива мин<sup>-1</sup>, минимальный удельный расход топлива при эксплуатационном моменте (г/кВт·ч)/Нм, отношение номинальной частоты вращения коленчатого вала двигателя к частоте вращения с минимальным удельным расходом топлива, отношение максимального крутящего момента двигателя к крутящему моменту при минимальном удельном расходе топлива, отношение удельного расхода топлива при номинальной частоте вращения к минимальному удельному расходу топлива. Последние три показателя у двигателя Detroit значительно отличаются от показателей двигателей производства ОАО «ММЗ» и Diesel Deutz, а у последнего крутящий момент больше других двигателей при минимальном расходе топлива.

Нами предложено также устройство независимо двухскоростного заднего вала отбора мощности для трактора «БЕЛАРУС 2022» класса 3,0. Коленчатый вал двигателя кинематически связан с валами цилиндрического редуктора корпуса муфты сцепления, коробки передач, редуктора заднего вала отбора мощности и далее через многодисковую муфту со сменными хвостовиками вала отбора мощности на 1000 и 540 мин<sup>-1</sup>.

При этом на шлицах ведомого вала цилиндрического редуктора корпуса муфты сцепления установлен двойной фрикцион с внутренними шлицами металлокерамических дисков, расположенных в пазах барабана двойного фрикциона, а между ними размещены ведущие стальные диски, смонтированные на ступицах зубчатых колес [12]. На рисунке 4 изображены элементы конструктивной схемы заднего вала отбора мощности для переключения с номинального режима на экономичный. Крутящий момент от коленчатого вала двигателя через муфту сцепления передается на включаемые фрикционы 11 или 14, установленных на ведомом валу цилиндрического редуктора корпуса муфты сцепления и далее через валы трансмиссии на редуктор заднего вала отбора мощности, где установлен гидроуправляемый тормоз 4 для остановки сменного хвостовика 6, закрываемого защитным колпаком 6. Для включения вала отбора мощности масло к поршню 5 фрикционной муфты редуктора заднего вала отбора мощности подается через подводящий канал 8. Частота вращения сменного хвостовика 7 вала отбора мощности замеряется датчиком 9. Включение необходимой частоты вращения вала отбора мощности обеспечивается переключателем 10. При этом масло от гидросистемы трансмиссии трактора к фрикционам 11 и 14 подается через кольцевой распределитель 15 для взаимодействия ведомых стальных дисков 1 и 13 с металлокерамическими дисками 2 и 12. Для функционирования разработанной схемы необходима комплектация трактора бесступенчатой коробкой передач, то есть замена синхронизаторов в трансмиссии гидромuftами.





1,13 – ведомые стальные диски; 2, 12 – металлокерамические диски; 3 – трансмиссия; 4 – гидроуправляемый тормоз; 5 – поршень; 6 – сменный хвостовик; 7 – защитный колпак; 8 – подводящий канал; 9 – датчик частоты вращения вала отбора мощности; 10-переключатель; 11,14– фрикционы; 15 – кольцевой распределитель

**Рисунок 4. Двухскоростной задний вал отбора мощности трактора «БЕЛАРУС 2022»**

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

В сельском хозяйстве Республики Беларусь отмечается высокая материалоемкость сельскохозяйственных машин, недостаточное внимание производителей техники соответствию их новейшим тенденциям мирового тракторного и сельскохозяйственного машиностроения. Имеют место в хозяйствах ухудшение физико-механических и химических свойств минеральных удобрений из-за их ненадлежащего хранения, несоблюдение оптимальных агротехнических сроков и низкое качество выполнения технологических процессов. Машины и агрегаты отечественного производства по своим технико-экономическим показателям уступают зарубежным аналогам. Навесные распределители удобрений зарубежных фирм позволяют вносить удобрения с высокой точностью, и предлагают полную независимость привода рабочих органов от частоты вращения коленчатого вала двигателя, регулируют внесение удобрений на основе радиолокации. Современные трактора высокого технического уровня, имеющие единую комплексную электронную систему управления, с которыми агрегируются машины для внесения удобрений имеют режим стабилизации частоты вращения вала отбора мощности. Разработан и проведены испытания заднего вала отбора мощности трактора «БЕЛАРУС» класса 5,0 для перехода на экономичный режим при уменьшении загрузки двигателя. Получены скоростные характеристики двигателей, устанавливаемых на трактора «БЕЛАРУС». Для более полной оценки экономичности двигателей сформулированы новые показатели. Предложена конструкция экономичного вала отбора мощности трактора класса 3,0.

**Библиографический список**

1. Степук Л.Я. Агроинженерная наука – производству. Л.Я. Степук В.Р.Петровец. Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. № 3 2013 – С. 144-152.
2. Бобровник А.И. Повышение эксплуатационных

качеств мобильных агрегатов для внесения удобрений: Минск, МТЗ, 1997.-160с.

3. Новикова А.В. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства: Практикум./, Минск, БГАТУ 2011.-250с.

4. Шарипов В.М. Конструирование и расчет тракторов .М.,Машиностроение, 2004 г., 591 с.

5. Файзрахманов Ф.М. Изменение состава стратегической группы мирового сельхозмашиностроения и отраслевых позиций ее участников. Тракторы и сельскохозяйственные машины, №1, 2014, С 3-7.

6. Карташевич А.Н., Рудашко А.А. Новые типы топливной аппаратуры дизелей. Курс лекций. Горки -2010. С 36

7. SAME DEUTZ-FAHR, Lauingen, Germany, Hall 4, Stand B27

- 8.Новый свет на горизонте. Современная сельхозтехника и оборудование от profi и topagrar, выпуск 2-3/2012,С-15. www.profi.com/russia.

- 9.ГОСТ 3480-76 . Вал отбора мощности сельскохозяйственных тракторов и вал приема мощности сельскохозяйственных машин. Типы и основные параметры .-М.: Издательство стандартов, 1993 г.

10. Душутин К,А., Агеев В,А., Вантюсов Ю.А. Двухканальная электромеханическая трансмиссия с автоматической системой управления. Тракторы и сельхозмашины , № 8, 2013 С-12-13.

- 11 Бобровник А.И. Переключение передачи на экономичный режим независимого вала отбора мощности / А.И. Бобровник, С.А. Рынкевич, М.Ф. Аль-Кинани. // Вестник Белорусско-Российск ого университета – 2013. - № 3. – С. 6-12

- 12 Независимый двухскоростной задний вал отбора мощности универсально-пропашного трактора: пат. 9058 Респ. Беларусь, МПК В 60К 17/28 / А.И. Бобровник, М.Ф. Аль-Кинани; заявитель УО «БГАТУ» - № и 20120791; заявл. 03.09.2012. опобл. 28.02.2013 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. - 2013. - № 1 - С. 169-170. .