

УДК 629.114.2:631.372

В.А. Шуринов, А.А. Дюжев

КОНЦЕПЦИЯ СОЗДАНИЯ МОБИЛЬНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН НА БАЗЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

*Республиканское конструкторское унитарное предприятие
"ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике"
Гомель, Беларусь*

Главным условием экономической эффективности современного сельскохозяйственного производства в развитых странах является снижение материальных, энергетических, трудовых и финансовых затрат, составляющих основу себестоимости продукции. Конкуренция требует, наряду с постоянным ростом урожайности сельскохозяйственных культур, применения все более энергонасыщенных самоходных машин, способных производить все больше продукции в единицу времени. Об этом свидетельствует развитие конструкций зерно-кормо-свекло- и картофелеуборочных комбайнов всех ведущих фирм: CLAAS, Mengerle, New Holland, John Deere, Holmer и др. Например, последние модели самоходных кормоуборочных комбайнов имеют мощность 650 л.с, зерноуборочных - 450 л.с, свеклоуборочных - 430 л.с., картофелеуборочных - 220 л.с.

Решение проблемы реформирования АПК Беларуси, учитывая наметившийся рост урожайности сельскохозяйственных культур и усиливающийся дефицит квалифицированных механизаторов, также должно осуществляться на основе применения энергонасыщенной высокопроизводительной техники.

Самоходные специализированные машины обладают высокой производительностью и приспособленностью к выполнению технологического процесса, но их серьезным недостатком является относительно малое время использования в течение года (связанное с ограниченностью отведенных природой агротехнических сроков уборки) при значительной массе и большой стоимости. Нормативная годовая загрузка таких машин в условиях РБ составляет от 100 часов (свеклоуборочные комбайны) до 280 часов (кормоуборочные комбайны), а для зерноуборочных комбайнов норматив равен 130 часам. Подавляющую часть времени года простаивают входящие в конструкции самоходных машин сложные и дорогостоящие подсистемы общего назначения (двигатель, движитель, пост управления, гидросистема и др.), существенно снижая их эффективность.

От описанного недостатка свободны агрегаты на базе универсальных тракторов, у которых нормативная годовая загрузка составляет 1000 - 1300 часов. Но тракторы классической компоновки оптимизированы для работ с агрегатами, нагружающими в основном ходовую систему. Они недостаточно приспособлены к агрегатированию с высокопроизводительными и выполняющими сложный технологический процесс уборочными машинами.

Начиная с 80-х годов, отчетливо прослеживается тенденция к созданию мощных универсальных энергетических средств, способных к переагрегатированию с минимальными трудозатратами и обеспечивающими агрегатирование с адаптерами с активными рабочими органами с приводом от ВОМ энергосредства. Западной промышленностью с этого времени создан ряд моделей энергетических средств - ВІМА-300 (Франция), Steyer-8300, 8320, 9320 (Австрия), DT 32 Grizly, Xcerion 2500,

3000, Holmer Terra variant (ФРГ). Энергосредства оснащены двигателями мощностью от 250-280 л.с. (Steयर-8300) до 430 л.с. (Holmer Terra variant).

Концепция создания универсального энергетического средства с набором высокоэффективных машин была еще выработана и начала реализовываться в СССР в рамках утвержденных в начале 1989 г. «Целевых программ реализации восьми приоритетных направлений создания техники новых поколений для глубокой модернизации агропромышленного комплекса в 1989-1995 г.г.». Было выпущено постановление Государственного комитета СССР по науке и технике № 75 от 18 марта 1988г. «О проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области создания интегральных энергетических средств мощностью 250...300 л.с., шлейфа многооперационных автоматизированных машин к ним для перспективных технологий производства кормов, улучшения лугов и пастбищ, других сельскохозяйственных и дорожно-коммунальных работ». Последующий распад СССР затруднил полноценную ее реализацию, но ПО «Гомсельмаш» нашло возможность создать универсальное энергетическое средство УЭС-250 (УЭС-2-250А) и освоить серийное производство важнейших машин, обеспечивающих эффективность комплексов на базе данного энергосредства.

Для работы с УЭС-2-250А в настоящее время производственным объединением «Гомсельмаш» выпускаются четыре машины - адаптера, образующие с ним зерно-кормо- сено- свеклоуборочные комплексы (КЗР-10, К-Г-6, КПр-6, КСН-6). Научные исследования, проведенные БелНИИМСХ и БелНИИЗК, показали, что в условиях Беларуси с этими адаптерами универсальные энергетические средства УЭС-2-250А могут быть заняты на уборочных работах с июня до конца октября, с сезонной загрузкой 610 часов, а с применением созданной в 2003г. роторной бороны годовая загрузка энергосредства УЭС-2-250А увеличивается до 760...800 часов.

Направление на повышение рентабельности сельскохозяйственного производства, принятое в Беларуси и России, основано на внедрении интенсивных технологий возделывания культур. При этом должна постоянно повышаться урожайность, что требует дальнейшего роста производительности сельскохозяйственных машин, т.е. повышения мощности энергетического средства и увеличение пропускной способности адаптеров.

Анализ показывает, что энергонасыщенность современного кормоуборочного комбайна, как правило, определяется процессом уборки кукурузы восковой спелости и, с учетом его удельной энергоемкости при качественном измельчении и дроблении зерна и оптимальных сроках закладки силоса в существующие силосохранилища одним комбайном, мощность его двигателя должна составлять не менее 350 л.с.

Результаты исследований, выполненных ГСКБ совместно с ВИМОм, ВИСХОМОм (Россия), БелНИИМСХ (Беларусь) и фирмой «Допштадт» (ФРГ) показали возможность повышения в 1,4...1,5 раза, а в перспективе до 2 раз пропускной способности измельчителя дискового типа, навешиваемого на энергосредство.

ГСКБ, на основании выполненных исследований, создало конструкцию универсального энергетического средства УЭС-350 с комбайном навесным кормоуборочным КНК-4500 (приложение 1-4), которой в 2004г. проходит приемочные испытания на Бел.МИС. Данный комплекс позволяет достичь при уборке кукурузы производительности и качества на уровне лучших импортных самоходных комбайнов аналогичной энергонасыщенности, сохраняя высокую эффективность на менее энергоемких операциях при высокой годовой загрузке (приложения 5, 6). В сочетании с повышением технической надежности машины и уровня эксплуатации это позволит одному комплексу обеспечить закладку силосной траншеи объемом 2 тыс. т кукурузой молочно-восковой спелости за 2 суток при 10-часовом рабочем дне и кукурузой

восковой спелости за 3 суток, что гарантирует высокое качество и сохраняемость силоса.

Основное назначение универсального энергетического средства УЭС-350 - выполнять различные сельскохозяйственные работы в агрегате с полунавесными, навесными и прицепными машинами, на энергообеспечение которых расходуется большая часть мощности двигателя, передаваемой от переднего и заднего валов отбора мощности.

Энергосредство оборудовано передним и задним навесными устройствами и валами отбора мощности, гидростатической трансмиссией и реверсивным постом управления, что дает возможность использовать его на прямом и обратном ходе. Трудоемкость изменения направлений движения - не более 50 сек.

Принципиальной особенностью нового энергосредства является высокоэкономичный двигатель мощностью 350 л.с. (в перспективе до 450 л.с.), обеспечивающий оптимальный удельный расход топлива во всем рабочем диапазоне эксплуатации, гидропривод на четыре колеса (с отключаемым из кабины приводом на управляемый мост) с автоматической межколесной и межосевой блокировками, увеличенный до 650 мм дорожный просвет а также увеличенное до 50 кН номинальное тяговое усилие.

С новым энергосредством могут агрегатироваться как серийно выпускаемые ПО «Гомсельмаш» адаптеры для уборки кормов, зерна, сахарной свеклы, так и перспективные адаптеры для уборки картофеля, кормов, зерна, сахарной свеклы, комбинированные агрегаты для одновременной предпосевной обработки почвы, посева и внесения удобрений и другие (приложения 7-9). При этом годовая загрузка энергосредства УЭС-350 будет составлять 800...900 часов. Повышение энергонасыщенности и ряд новых технических решений у предлагаемых к разработке новых комплексов машин обеспечат снижение материалоемкости и удельных затрат на выполнение технологического процесса комплекса в сравнении с зарубежными аналогами - мономашинами соответственно в среднем в 1,4 и 3 раза.

При создании нового энергосредства учитывалось, что МТЗ 2522 – трактор необходимый для сельскохозяйственного производства, но в сравнении с «Полесье-350» не позволяет обеспечить параметры, необходимые для агрегатирования с кормоуборочными и зерноуборочными комбайнами:

- по мощности двигателя – 300 л.с. вместо 350 л.с.;
- отсутствует ГСТ для бесступенчатого регулирования рабочей скорости в диапазоне 0 - 12 км/ч;
- грузоподъемность навесного устройства ограничено продольной устойчивостью агрегата;
- неудовлетворительная обзорность рабочих органов комбайна (уровень сидения на 408 мм ниже, чем у «Полесье-350»);
- не оснащен специальной системой очистки воздуха для охлаждения радиатора и др.

Для повышения пропускной способности измельчителя комбайна навесного кормоуборочного КНК-4500 по сравнению с измельчителем серийно выпускаемого комбайна КПК-3000 "Полесье" в 1,5 раза увеличена ширина его питающего дискового аппарата, оптимизированы основные параметры измельчающего ротора и питающих валцов, взамен пассивного терочного устройства для доизмельчения массы использовано доизмельчающее устройство с более активным, чем у зарубежных аналогов, корнкрекером (рисунок 1). Масса модернизированного измельчителя возросла не более, чем на 16%, а его производительность на уборке кукурузы – не менее, чем в 1,5 раза.

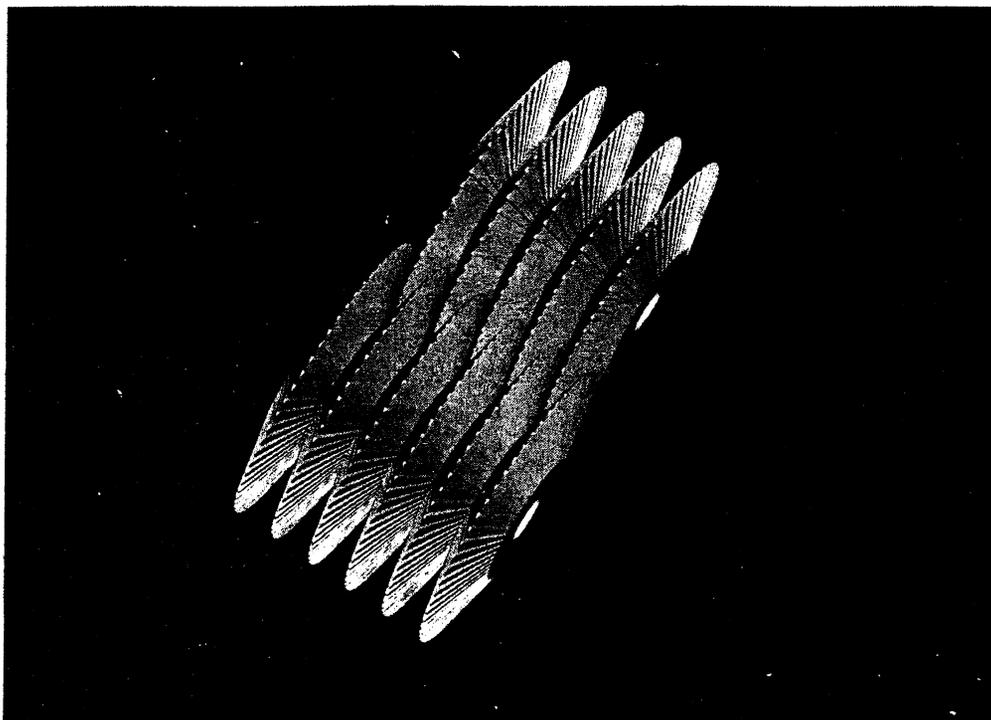


Рисунок 1. Доизмельчитель комбайна КНК-4500

Результаты технико-экономических расчетов показывают, что в сравнении с существующим комплексом уборочных машин на базе универсального энергосредства УЭС-2-250А с двигателем мощностью 265 л.с. разность приведенных затрат на уборку 1 т. кукурузы восковой спелости (при годовой загрузке УЭС 610 часов) составит 0,6 \$/кг, в сравнении с серийным комплексом К-Г-6 и от 0,5 до 4 \$/кг – в сравнении с комплектами самоходных машин отечественного и импортного производства соответственно.

Предварительные результаты приемочных испытаний кормоуборочного комплекса в составе энергосредства УЭС-350 и комбайна КНК-4500 показали, что производительность на уборке кукурузы восковой спелости достигает 128 т/ч при пропускной способности 35 кг/с. Общая наработка комплекса по состоянию на 1.11.04г. составляет 22189 тонн.

В результате совместной проработки с НИИ РБ и России ориентировочная потребность этих стран в машинах такого класса составляет:

- РБ - 1000 шт.
- Россия - 6400 шт.

При обеспечении ПО «Гомсельмаш» потребности РБ и 50 % потребности России, годовая программа выпуска комплексов на базе УЭС-350 после полного насыщения парка может составить около 450-500 шт.

Для своевременной и качественной реализации концепций в экспериментальных и опытных образцах новой техники требуется соответствующая информационная инфраструктура. На ее формирование в ГСКБ по зерноуборочной и кормоуборочной технике повлияли следующие основные факторы:

1. К концу 20-го века производительность массовых ПЭВМ достигла уровня, достаточного для эффективной работы с трехмерными компьютерными моделями, включающими до нескольких тысяч конструктивных единиц.

2. В ходе совершенствования программных средств для моделирования конструкций ведущими фирмами сформированы удобные для пользователей

интерфейсы и приемы работы, реально обеспечивающие быстрое обучение и безошибочную работу с программами без большого объема требующих запоминания формальных знаний.

3. Очень существенный фактор для сельхозмашиностроения: отношение численности исследователей (конструкторов и испытателей) к объему производства техники здесь выше, чем в родственных отраслях – автомобиле- и тракторостроении, т.к. самоходный комбайн не только имеет все системы любой мобильной машины, но и, кроме того, большое количество специфических рабочих органов и устройств для выполнения технологического процесса. В связи с этим техническая оснащенность каждого исследователя при прочих равных условиях больше увеличивает стоимость конечного продукта. Вместе с тем сельхозмашиностроение является и наиболее консервативной отраслью, т.к. новации, связанные с изменением технологических процессов, из-за ограниченности агротехнических сроков для исследований и большого разнообразия реальных условий эксплуатации должны проверяться в течение нескольких агросезонов.

В ходе обеспечения программно-техническими средствами, необходимыми для осуществления роли ведущего в своей отрасли предприятия, с учётом изложенного за последние 5 лет информационная инфраструктура ГСКБ прошла следующую эволюцию:

- после пробной сравнительной эксплуатации мы отказались от компьютеров на основе RISC-архитектуры и эксклюзивных видеокарт в пользу ПЭВМ с увеличенным объемом оперативной памяти и недорогими массовыми 3D-ускорителями;

- локальная сеть стала 100-мегабитная и расширилась с 30-ти рабочих станций до 175-ти.

- отработаны и оформлены в виде стандартов предприятия процедуры, необходимые для ведения командной работы над проектом группы, включающей дизайнеров, конструкторов, расчетчиков, технологов, нормоконтролеров и испытателей;

- дизайн-проекты и компоновки новых машин выполняются только путем 3D-моделирования, при этом конечноэлементные модели для анализа прочности и жесткости генерируются полуавтоматически благодаря совместимости конструкторских и расчетных пакетов программ.

- обеспечено использование электронных моделей (чертежей) для непосредственного изготовления деталей на лазерных, гибочных станках с ЧПУ и в литейном производстве.

Перечисленное позволило уже на ранних этапах компоновки разносторонне прорабатывать по 4-5 вариантов и принимать решения с учетом большего числа анализируемых параметров, а также сократить число скрытых ошибок исполнителей до выверки изделия в образце. В результате короткий по агротехническим срокам сезон испытаний стал использоваться более продуктивно, а сроки создания новых машин сократились и определяются минимумом, необходимым для проверки качества и надежности выполнения машиной технологического процесса в заданных эксплуатационных условиях.

Таким образом, как на концептуальном уровне, так и по оснащенности и использованию информационно-технологических средств конструкторы и исследователи ПО «Гомсельмаш» имеют необходимый потенциал для обеспечения конкурентоспособности новой сельскохозяйственной техники.

**Универсальное энергетическое средство «Полесье-350»
(двигатель с оптимальным удельным расходом топлива во всем диапазоне эксплуатации)**



Двигатель:	OM 457 LA
- номинальная мощность, л.с.	350...450
- сертификат экологической безопасности	EUROMOT
- удельный расход топлива, г/л.с.ч	до 150,7±1,5
- защита радиатора от загрязнения	воздухозаборник с автоматической очисткой и реверсивным вентилятором
Кабина:	герметичная шумовиброизолированная с панорамным стеклом, жестким каркасом, кондиционером-отопителем, холодильником, бортовым компьютером и реверсивным постом управления
- высота точки отсчета параметров обзорности К, от земли, мм	3400
- трудоемкость перевода УЭС на реверс, с, не более	50
Скорости при прямом и обратном движении, км/ч:	бесступенчатое регулирование
- рабочая	0...25
- транспортная	до 40
Номинальное тяговое усилие, кН	50
Грузоподъемность навесного устройства на оси подвеса, кг, не менее:	
- со стороны кабины:	7000
- с жестким навесным устройством	5200
- с шарнирным навесным устройством	2000
- со стороны двигателя	7,8
Минимальный радиус поворота, м	
Шины колес:	
- ведущих	29,5 / 75R25
- управляемых	16,9 R24
Колея, мм:	
- ведущих колес:	2050; 2686
- управляемых колес	2371
База, мм	2720
Емкость топливного бака, л	560
Агротехнический просвет, мм, не менее	870
Дорожный просвет, мм, не менее	650
Попелечная устойчивость, гнал	35

Приложение 2

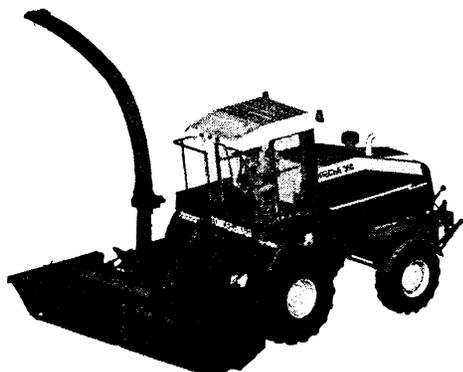
**Комплекс для уборки кормов на базе УЭС «Полесье-350»
(комплектация для уборки кукурузы на силос)**



Состав комплекса:	
- энергосредство	УЭС-350
- кормоуборочный комбайн с жаткой для уборки грубостебельных культур	КНК-4500
Ширина захвата жатки, м (рядков)	4,5 (6)
Пропускная способность, т/ч, до:	
- уборка кукурузы молочно-восковой спелости зерна	150
- уборка кукурузы восковой спелости зерна	100
Длина резки, мм	4,5; 9; 13 (26; 40)

* Приложение 3

**Комплекс для уборки кормов на базе УЭС «Полесье-350»
(комплектация для скашивания трав)**



Состав комплекса:	
- энергосредство	УЭС-350
- кормоуборочный комбайн с жаткой для трав	КНК-4500
Ширина захвата жатки, м	5
Пропускная способность, т/ч	100
Длина резки, мм	4,5; 9; 13 (26; 40)

Приложение 4

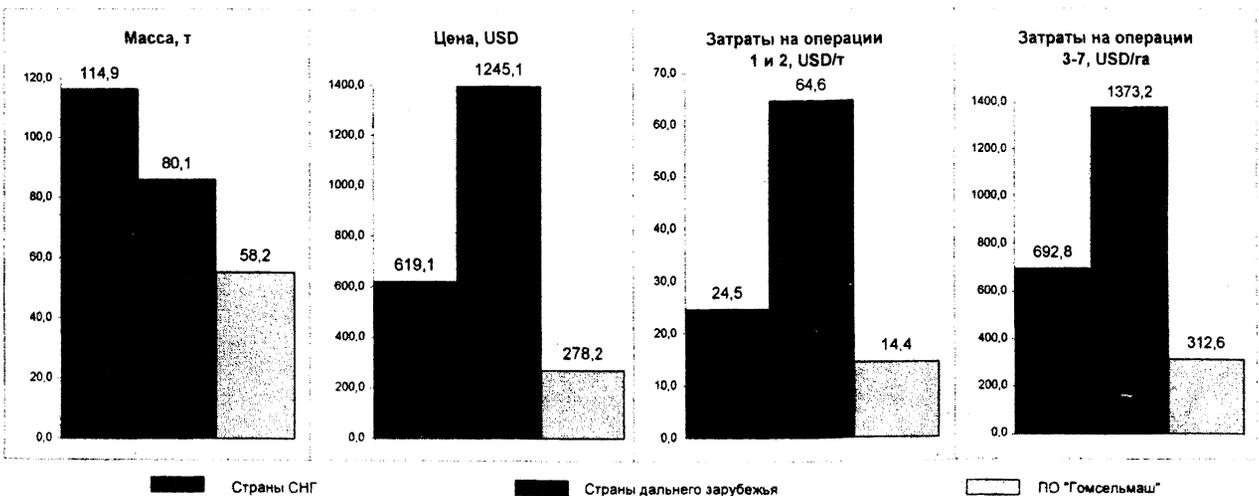
**Комплекс для уборки кормов на базе УЭС «Полесье-350»
(комплектация для подбора скошенных трав)**



Состав комплекса:	
- энергосредство	УЭС-350
- кормоуборочный комбайн с подборщиком	КНК-4500
Ширина захвата подборщика, м	4,2
Пропускная способность, т/ч	100
Длина резки, мм	4,5; 9; 13 (26; 40)

ЭФФЕКТИВНОСТЬ КОМПЛЕКСОВ "ПОЛЕСЬЕ" НА БАЗЕ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА "ПОЛЕСЬЕ-350"

Технологическая операция	Комплексы машин								
	Стран СНГ			Стран дальнего зарубежья			"Полесье" на базе УЭС-350		
	Масса, т	Цена, тыс. USD	Затраты на убор-ку USD/т USD/га	Масса, т	Цена, тыс. USD	Затраты на убор-ку USD/т USD/га	Масса, т	Цена, тыс. USD	Затраты на убор-ку USD/т USD/га
1 Уборка зерновых культур	Дон-1500Б			Мега-218 "Claas"			Комплекс для уборки зерновых		
	13,2*1,57 ¹⁾ 20,7	74,0*1,57 ¹⁾ 115,8	21,93 -	14,7*1,3 ¹⁾ 19,1	249,4*1,3 ¹⁾ 324,4	59,23 -	12,9	68,3	13,30 -
2 Заготовка измельченных кормов	Дон-680 с металлодетектором			Ягуар-830 "Claas"			Комплекс для уборки кормов		
	13,4*1,73 ¹⁾ 23,2	61,8*1,73 ¹⁾ 107,1	2,58 -	10,9*1,3 ¹⁾ 14,2	251,6*1,3 ¹⁾ 247,3	5,35 -	9,8	50,0	1,10 -
3 Уборка сахарной свеклы	КС-6Б+ОГД-6А+БМ-6Б			SF-10 "Kleine"			Комплекс для уборки сахарной свеклы		
	12,6*1,48 ¹⁾ 18,6	77,8*1,48 ¹⁾ 115,1	- 224,41	13,9*1 ¹⁾ 13,9	236,4*1 ¹⁾ 236,4	- 402,28	10,9	63,5	- 143,32
4 Кошение трав	КС-80			Диско-8700 "Claas"			Комплекс для скашивания трав		
	6,5*2,77 ¹⁾ 18,0	26,7*2,77 ¹⁾ 73,9	- 17,26	7,3*1,06 ¹⁾ 7,7	155,1*1,06 ¹⁾ 164,4	- 39,40	5,1	24,4	- 7,95
5 Уборка картофеля	АВР-2200			SF-3000 "Grimme"			Комплекс для уборки картофеля		
	7,5*2,03 ¹⁾ 15,1	81,3*2,03 ¹⁾ 164,7	- 410,38	21,5*1 ¹⁾ 21,5	347,9*1 ¹⁾ 347,9	- 857,45	9,1	33,5	- 115,19
6 Внесение минеральных удобрений, подготовка почвы и посев зерновых культур	СУ-12+КЧ-5,1+АКШ-6,0+СПУ-6			TS 1220 "Triolet"+ Циркон 9/600 КА "Lemken"			Комбинированный агрегат для предпосевной обработки почвы, внесения удобрений и посева зерновых		
	13,0*1,16 ¹⁾ 15,1	26,3*1,16 ¹⁾ 30,4	- 19,58	9,5*1 ¹⁾ 9,5	73,5*1 ¹⁾ 73,5	- 46,33	7,4	28,4	- 7,75
7 Вспашка	ПНЛ-8-40			Rumpstadt RSPD 8-40			Агрегат для пахоты		
	4,2*1= 4,2	12*1= 12,0	- 21,22	2,0*1= 2,0	15,7*1= 15,7	- 27,71	3,0	10,1	- 24,44
Итого	114,9	619,1	24,51 692,84 170% 232%	80,1	1245,1	64,58 1373,16 449% 460%	58,2	278,2	14,40 298,64 100% 100%



Примечание:

1) - коэффициент приведения массы и цены машины -аналога к объему работ, выполняемому комплексами на базе УЭС-350.

В сравнении с комплексами стран СНГ экономия конструкционной массы у семи уборочных комплексов "Полесье" составляет 56,7 т.

Календарные сроки вспашки, посева и уборки сельскохозяйственных культур комплексами на базе универсального энергетического средства «Полесье-350»
(по данным БелНИИЗК для центральной зоны РБ)

Основные с/х культуры	Сроки вспашки, посева и уборки сельскохозяйственных культур комплексами на базе универсального энергетического средства «Полесье-350»																					Доля во всей посевной площади с/х предприятий РБ, %														
	апрель					май					июнь					июль					август					сентябрь					октябрь					
	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15		20	25	30	5	10	15	20	25	30	5	10	15	20	25
Однолетние и многолетние травы					■	■					■		■	■	■	■	■																		26,6	
Озимые зерновые																																			15,2	
Яровые зерновые																																			19,5	
Кукуруза																																			7,3	
Сахарная свекла																																			0,8	
Картофель																																			1,5	

- - посев агрегатом УКА-6;
- - посев тракторной картофелесажалкой;
- - уборка комбайном КСН-6-5;
- - уборка тракторными косилками и косилками-измельчителями;

- - уборка комбайном КНК-4500 и косилкой КПР-9;
- - уборка комбайном КПК-4;
- - уборка комбайном КЗР-15;
- - вспашка.