

УДК 631.3:633

## Оценка эффективности машинно-тракторного парка на базе универсальных энергетических средств с комплектами сменных модулей в условиях Юга России

## Efficiency evaluation of machine and tractor fleet based on multipurpose power vehicles with sets of replaceable modules in conditions of the South of Russia

А. И. БУРЬЯНОВ, д-р техн. наук  
А. И. ДМИТРЕНКО, канд. техн. наук  
Ю. О. ГОРЯЧЕВ, канд. техн. наук

Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства, Зерноград, Россия, burjanov2015@yandex.ru

A. I. BUR'YANOV, DSc in Engineering  
A. I. DMITRENKO, PhD in Engineering  
Yu. O. GORYACHEV, PhD in Engineering

North Caucasus Research Institute of Agricultural Engineering and Electrification, Zernograd, Russia, burjanov2015@yandex.ru

В последние годы ряд зарубежных компаний занимается разработкой и созданием универсальных энергетических средств, снабженных наборами комплектов сменных технологических адаптеров. Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства совместно с компанией "Гомсельмаш" предложил конструктивно-компоновочную схему универсального энергетического средства. Ее принципиальные отличия — замена технологических адаптеров с помощью смонтированного на энергосредстве механизма и возможность организации прямого перемещения обрабатываемого материала в уборочных модулях. Эффективность универсального энергетического средства тем выше, чем больше его годовая загрузка, которая зависит от природно-климатических условий, определяющих структуру посевных площадей, от технологии и сроков проведения работ. Эффективность универсального энергетического средства в соответствии с государственным стандартом оценивают наложением на типовое хозяйство. Цель статьи состоит в технико-экономической оценке функционирования составов машинно-тракторных парков и их анализе при комплектовании агрегатов: в базовом варианте — серийной техникой, в новом варианте — серийной техникой и разрабатываемыми универсальными энергетическими средствами для подзон южных регионов России. Оценка выполнена с использованием разработанной математической модели оптимизации составов технологических комплексов и машинно-тракторных парков в целом. Внедрение в машинно-тракторный парк универсальных энергетических средств с комплектами сменных модулей, предназначенных для подзон регионов Юга России, позволит: уменьшить эксплуатационные затраты на выполнение всего объема работ в полеводстве на 12,4—20,6 % и стоимость парка машин на 17,5—29 %; снизить удельную энергонасыщенность, приходящуюся на 100 га пашни, на 28,3—38,1 % и удельную материалоемкость на 16,5—33,4 %; увеличить чистый дисконтированный доход на 31,8—246 %. Рост расходов на топливно-смазочные материалы предложено уменьшить путем балластирования шасси на энергоемких работах и комплектования двигателем переменной мощности.

**Ключевые слова:** агропромышленный комплекс; машинно-тракторный парк; универсальные энергетические средства; сменные модули; оценка; показатели эффективности.

In recent years, some foreign companies pay special attention to development and creation of multipurpose power vehicles supplied with sets of replaceable technology adapters. The North Caucasus Research Institute of Agricultural Engineering and Electrification in cooperation with Gomselmash presented a constructive layout diagram of multipurpose power vehicle. Its principal differences are the replacement of technology adapters by means of mechanism mounted on power vehicle, and the possibility of straight-flow moving of processed material in harvesting modules. The efficiency of multipurpose power vehicle is straightly correlated with its annual utilization, that depends on natural-climatic conditions defining the structure of crop areas, the technologies and the period of operations. The efficiency of multipurpose power vehicle according to state standard is evaluated by application to the conditions of typical farm. The research objective is the technical and economic evaluation of functioning of machine and tractor fleets formed with production machines in basic version, and with production machines and multipurpose power vehicles developed for the subzones of regions of the South of Russia — in new version. Evaluation is made with the use of a developed mathematical model of optimization of technological complexes and machine and tractor fleets in general. The introduction into machine and tractor fleet of multipurpose power vehicles with complexes of replaceable modules meant for subzones of regions of the South of Russia will allow to reduce the operational costs of entire set of works of field crop cultivation by 12.4—20.6 % and the cost of machine fleet by 17.5—29 %; reduce the relative energy consumption that accounts for 100 hectares by 28.3—38.1 % and the relative material consumption by 16.5—33.4 %; increase the net present value by 31.8—246 %. For reducing the costs of fuel and lubrication materials, the ballasting of chassis during energy-intensive works and use of variable-power engine are proposed.

**Keywords:** agroindustrial complex; machine and tractor fleet; multipurpose power vehicles; replaceable modules; evaluation; efficiency indicators.

## Введение

Агропромышленный комплекс (АПК) России испытывает острый дефицит в оснащении машинно-тракторных парков (МТП) техническими средствами, главным образом из-за нехватки собственных денежных средств у товаропроизводителей и недостаточного уровня государственной поддержки. Такое положение уже привело к существенному старению МТП, неустойчивому развитию отрасли и в итоге способствует угрозе продовольственной безопасности страны.

Один из перспективных путей выхода из сложившейся ситуации — комплектование МТП сельхозпредприятий на базе универсальных энергетических средств (УЭС), снабженных комплектами сменных модулей, и их широкое внедрение в производственный процесс. Концепт модульного построения технологических агрегатов на базе УЭС нового поколения и набора сменных модулей подробно раскрыт в работах [1–5].

Один из вариантов, который отличается способом и устройством для забора сменных модулей, устанавливаемых сверху на раму шасси, проиллюстрирован на рис. 1. В предлагаемом решении технологические агрегаты составляют путем навешивания сменных модулей на навесное устройство шасси УЭС, их присоединения к прицепному устройству или монтажа сверху на шасси посредством собственного погрузочно-разгрузочного механизма порталного типа. В техническом решении, посвященном дальнейшему развитию этого направления [6], кабина оператора с помощью находящегося на ней с правой стороны устройства устанавливается на оси, расположенной на раме шасси УЭС, с возможнос-

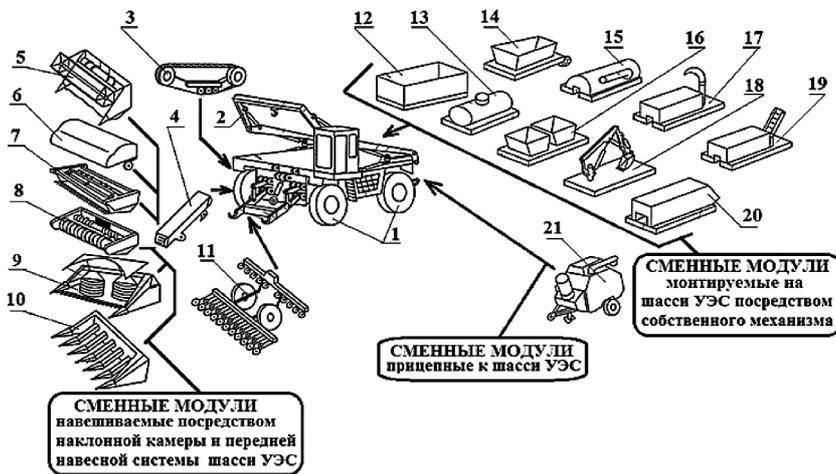


Рис. 1. Концепт модульного построения технологических агрегатов на базе УЭС нового поколения и сменных модулей для товаропроизводителей АПК (патент РФ № 2431954, разработчик СКНИИМЭСХ):

1 — УЭС; 2 — механизм замены сменных модулей на шасси УЭС; 3 — сменный гусеничный ход; 4 — наклонная камера; 5, 6 — жатки для уборки хлебостоя зерновых культур прямого среза и очесывающего типа; 7 — жатка для уборки зеленых кормов; 8 — подборщик хлебостоя зерновых культур из валков; 9 — жатка для уборки пропашных культур на силос; 10 — жатка для уборки подсолнечника; 11 — посевная машина; 12 — кузов для насыпных грузов; 13 — цистерна для жидких грузов; 14 — разбрасыватель удобрений; 15 — молотильно-сепарирующее устройство для зерновых культур; 16 — бункеры-кузова для семян и удобрений; 17 — измельчитель кормов; 18 — погрузчик-экскаватор; 19 — початкоочиститель; 20 — переработчик стеблей льна; 21 — прицепной очиститель-накопитель зерна

тью оперативного вертикального перемещения и поворота. Это позволяет после монтажа уборочного технологического модуля размещать ее над наклонной камерой по центру агрегата.

Проверка возможности реализации и эффективности предлагаемых технико-технологических решений выполнена путем моделирования работы предлагаемых УЭС с наборами сменных адаптеров в составе МТП, выполняющих весь объем механизированных работ в полеводстве, на одиннадцати моделях (хозяйства с площадью пашни 5000 га), представляющих подзоны Ростовской обл., Краснодарского и Ставропольского краев, и сравнения их технико-экономических показателей.

## Цель исследования

Цель исследования — оценка эффективности использования УЭС, снабженных комплектами сменных модулей-адаптеров, путем сравнения технико-экономических показателей оптимальных составов МТП, выполняющих весь объем механизированных работ при производстве продукции полеводства в регионах Юга России.

## Материалы и методы

Регионы Юга России подразделяют на производственные подзоны АПК: Краснодарский край — на Северную, Центральную, Западную и Анапо-Таманскую подзоны; Ростовскую обл. — на Северную, Южную и Восточную; Ставропольский край — на Овцеводческую, Зерново-овцеводческую, Зерново-скотоводческую и Прикурортную. Подзоны отличаются природно-климатическими условиями, которые определяют наборы и технологии возделывания культур, а также календарные сроки и продолжительность работ.

Поскольку предлагаемый комплекс машин универсален, его оценку осуществляли в соответствии с ГОСТ Р 53056—2008 [7] путем определения двух типов оптимальных МТП хозяйств (в рассматриваемом случае моделей), адекватно отображающих специфику производства продукции полеводства каждой из одиннадцати подзон. Первый тип МТП (базовый вариант) определяли путем выставления на конкурс серийно выпускаемых технических средств, а при нахождении оптимального МТП второго типа (новый) в дополнение к выставляемой на конкурс серийной технике включали УЭС с комплектами сменных адаптеров.

Данные о структуре посевных площадей, технологиях возделывания и уборки культур, объемах работ, их продолжительности и календарных сроках, наборе технологических операций, реализующих принятые агротехнологии, номенклатуре технических средств и их агрегатировании принимали на основе зональных рекомендаций и систем ведения хозяйства,

а также технологических карт, разработанных зональными научно-исследовательскими институтами.

Цены на средства механизации МТП (преимущественно производимые в РФ и странах ближнего зарубежья) соответствуют уровню 2015 г. Численные значения сменных производительностей машинно-технологических агрегатов определяли расчетным путем и по данным зональных машиноиспытательных станций. При расчете технико-эксплуатационных показателей предлагаемого комплекса на базе УЭС в связи с отсутствием опытных образцов пользовались известными в исследовательской и инженерной практике методами прогноза.

Технико-экономическая оценка эффективности функционирования МТП моделей подзон южных регионов России выполнена с использованием разработанной в СКНИИМЭСХ математической модели и алгоритмно-программного комплекса АСПТОР по оптимизации составов МТП [8]. База данных алгоритмно-программного комплекса содержит также перечисленную выше номенклатуру информационных материалов о зонах Центрально-Черноземной обл. и Поволжья.

Эффективность оценивается по минимуму интегральных затрат на выполнение всего объема работ и максимуму чистого дисконтированного дохода (ЧДД). Решение задачи выполняется в несколько этапов. Первый этап — подготовка исходных данных и формирование таблиц, содержащих информацию о технологиях и технических средствах.

Собственно нахождение оптимального состава МТП выполняют на первом этапе в нецелочисленном виде, используя модуль, базирующийся на методе линейного программирования. Затем полученный результат доводят до целочисленных значений, используя блок, реализующий метод ветвей и границ. Поскольку величина отчислений на реновацию и содержание техники зависит от ее годовой загрузки, то на первом этапе решения принимают нормативную годовую загрузку. По мере получения первого цикла решения уточняют годовую загрузку, вставляя ее в качестве исходной для последующего цикла. Затем осуществляют его, повторяя эту процедуру до тех пор, пока не будет достигнута приемлемая разница между значениями, полученными в предыдущем и последующем решениях.

Все процессы вычислений реализуются неразрывно в автоматическом режиме. Результаты решения выводятся на экран или распечатываются в виде таблиц, содержащих информацию о количественном и марочном составе МТП, экономических показателях, графиках годовой загрузки энергосредств, технологических картах по каждой культуре.

## Результаты и их обсуждение

Структура посевных площадей перечисленных выше подзон регионов с основными товарными культурами, которые определяют пиковую потребность в технике и механизаторах, отражена на гистограмме (рис. 2).

Соотношения площадей культур в севооборотах по подзонам регионов отличаются весьма существенно. Наибольший удельный вес в структуре посевных площадей имеют зерновые колосовые культуры, из них до 48 % — озимая пшеница как основная товарная культура. Следует отметить, что по удельным объемам выпол-

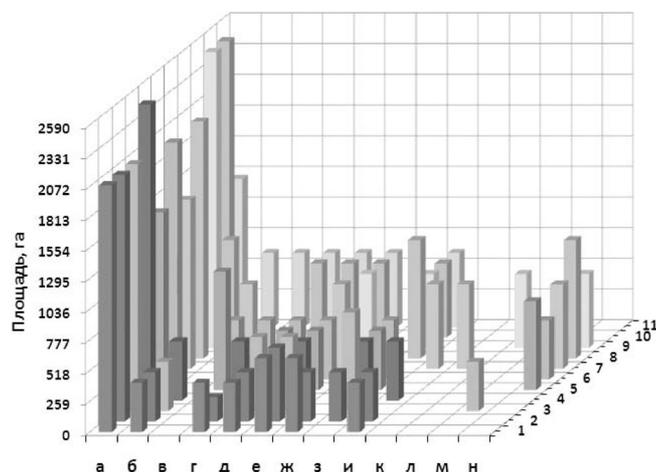


Рис. 2. Структура посевных площадей в подзонах регионов Юга России по рекомендациям систем ведения АПК:

Краснодарский край: 1 — Север; 2 — Центр; 3 — Запад; 4 — Анапо-Таманская; Ростовская обл.: 5 — Север; 6 — Юг; 7 — Восток; Ставропольский край: 8 — Овцеводческая; 9 — Зерново-овцеводческая; 10 — Зерново-скотоводческая; 11 — Прикурортная; а — озимая пшеница; б — озимый ячмень; в — яровой ячмень; г — зернобобовые; д — кукуруза на зерно; е — подсолнечник; ж — сахарная свекла; з — кукуруза на силос; и — многолетние травы; к — злаково-бобовая смесь; л — рапс на силос; м — овощи; н — черный пар

няемых механизированных работ на 1 га пашни можно выделить таких лидеров, как сахарная свекла и кукуруза.

Составление машинно-тракторных агрегатов для выполнения технологических операций по обработке почвы, посеву и уходом работам в базовых и новых вариантах реализовано с помощью прицепных и навесных устройств. Во всех сравниваемых вариантах на конкурс выставлены серийно выпускаемые тракторы от 14 до 50 кН. Для уборки возделываемых культур в базовых вариантах выставлены комбайны Агрос с наборами специальных адаптеров. В новом варианте для уборки зерновых, подсолнечника, кукурузы и других культур на раме УЭС устанавливают роторное молотильное устройство, заменяя, как и в традиционных комбайнах, навешиваемую на наклонную камеру жатку соответствующего назначения.

Прогнозируемые технико-эксплуатационные характеристики шасси УЭС и комплектов сменных модулей определяли по аналогу — комплексу КЗР-10. Масса шасси УЭС с погрузочно-разгрузочным устройством составляет 9000 кг, мощность двигателя 184 кВт. Агрегаты с УЭС и сменными модулями выполняют почвообрабатывающие, посевные, уборочные операции, а также могут быть задействованы на вспомогательных и транспортных работах.

В результате проведенных многовариантных расчетов получены данные, позволяющие оценить экономическую целесообразность применения УЭС нового поколения с комплектами сменных модулей в АПК Юга России. В табл. 1 приведены показатели эффективности сформированных оптимальных МТП товаропроизводителей в моделях на базе серийной техники (базовый вариант) и УЭС со сменными модулями (новый вариант) по подзонам регионов Юга России.

**Показатели эффективности оптимальных МТП на базе серийной техники и УЭС со сменными модулями в моделях подзон регионов Юга России**

Подзоны	Эксплуатационные затраты, млн руб.		Стоимость парка машин, млн руб.		Стоимость ТСМ, млн руб.		ЧДД, млн руб.	
	База	УЭС	База	УЭС	База	УЭС	База	УЭС
Краснодарский край								
Северная	66,1	57,2	288,8	230,4	13	14,7	226,6	298,6
Центральная	61,8	51,1	270,6	202,5	13,4	13,7	158,6	239,5
Западная	54,5	45,6	256	202,6	11,5	10,6	150,4	218,8
Анапо-Таманская	57,8	45,9	282,4	200,5	11,3	11,4	146,6	241
Ростовская обл.								
Север	51,7	44,1	231,4	189,4	9,5	9,3	-35,7	19,8
Юг	49	42,1	214,2	176	10,2	11,3	93,6	143,3
Восток	38,3	33,5	177,4	146,3	8,4	8,3	-58,6	-19,6
Ставропольский край								
Овцеводческая	50,1	43,9	239,4	195,5	9	10,4	-56,5	-10,4
Зерново-овцеводческая	46,7	40,1	212,7	171,9	8,8	10,1	19,1	65,8
Зерново-скотоводческая	51,5	42,5	216,9	159,6	11,3	11,7	79,5	149,5
Прикурортная	51,7	43,5	217,5	176,8	11,2	11,4	-33,8	22

Из данных табл. 1 видно, что величина эксплуатационных затрат отражает интенсивность ведения производства, которая в основном зависит от природно-климатических условий.

Снижение эксплуатационных затрат, вызванное внедрением комплексов на базе УЭС, по моделям составляет от 12,4 % в Овцеводческой модели Ставропольского края до 20,6 % в Анапо-Таманской модели Краснодарского края. В значительной степени это объясняется существенным снижением стоимости парка машин в новых вариантах. Максимальное снижение стоимости парка составляет 29 % в Анапо-Таманской модели Краснодарского края, а минимальное — 17,5 % в Восточной модели Ростовской обл.

Прирост ЧДД наблюдается во всех моделях регионов Юга России. Максимальная степень прироста ЧДД в Зерново-овцеводческой модели Ставропольского края — 246 %, а в Зерново-скотоводческой — 88,5 %. В абсолютных числах наибольший прирост ЧДД получен в моделях Краснодарского края, Юга Ростовской обл. и Зерново-овцеводческой модели Ставропольского края. В моделях, отображающих Север Ростовской обл. и Прикурортную подзону Ставропольского края, внедрение в состав МТП УЭС с комплектами сменных модулей позволило достичь положительных значений ЧДД.

В то же время в Восточной модели Ростовской обл. и Овцеводческой модели Ставропольского края внедрение комплекса машин на базе УЭС хотя и улучшило показатели ЧДД, но не обеспечило достижения его положительных значений. Восточная подзона Ростовской обл. и Овцеводческая подзона Ставропольского края характеризуются севооборотами с короткой ротацией культур, обязательным наличием чистого пара (до 20 %) и недостаточным уровнем урожайности товарных культур. Вследствие этого производство растениеводческой продукции оказывается неэффективным (отрицательные величины ЧДД) при использовании составов МТП как на базе серийной техники, так и на базе УЭС и смен-

ных модулей. Очевидно, для этих подзон актуальны ведущиеся в последние годы исследования по разработке новых ресурсосберегающих технологий, таких как минимальная и нулевая.

Эффект достигается за счет максимального использования УЭС с набором сменных модулей, предусматривающего выполнение самого широкого спектра механизированных операций по обработке почвы, посеву культур и уходу за ними, уборке основных товарных культур.

Включение в состав МТП УЭС с комплектами сменных модулей в значительной степени влияет как на эффективность парка, так и на его количественный состав (табл. 2).

Таблица 2  
**Количество энергосредств (тракторов, комбайнов, УЭС) в составе оптимальных МТП моделей в сравниваемых вариантах**

Регионы и подзоны	Потребное количество энергосредств, шт.		Новый вариант: УЭС
	Базовый вариант: тракторы + комбайны	Новый вариант: тракторы + УЭС	
Краснодарский край			
Северная	27 + 11	11 + 11	670
Центральная	21 + 10	8 + 10	674
Западная	18 + 10	5 + 10	611
Анапо-Таманская	26 + 12	12 + 12	540
Ростовская обл.			
Северная	21 + 10	8 + 10	500
Южная	17 + 10	6 + 10	655
Восточная	27 + 5	17 + 5	677
Ставропольский край			
Овцеводческая	16 + 12	5 + 12	538
Зерново-овцеводческая	16 + 10	4 + 10	629
Зерново-скотоводческая	23 + 10	7 + 10	880
Прикурортная	19 + 9	6 + 9	742

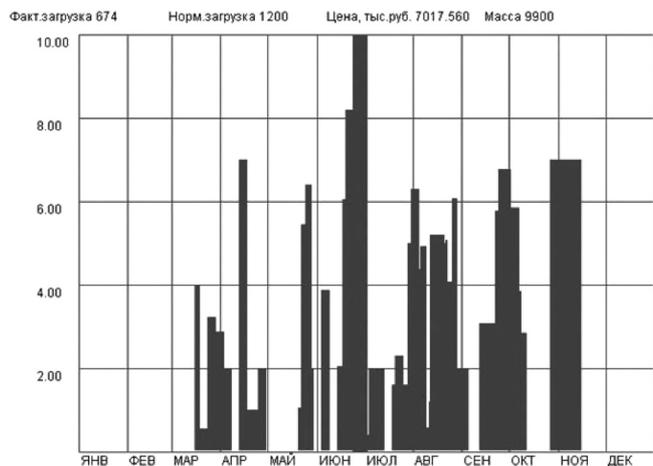


Рис. 3. График годовой загрузки УЭС с комплектами сменных модулей в модели Центральной подзоны Краснодарского края

В базовых вариантах потребное количество тракторов значительно больше, чем в новых. В новых вариантах УЭС заменяет комбайны Acros и, выполняя энергоемкие операции почвообработки и посева, вытесняет энергонасыщенные тракторы "Агромаш-90ТГ" и МТЗ-2022. Этим объясняется достаточно высокая годовая загрузка УЭС, которая варьируется в диапазоне от 500 до 880 ч. При этом количество УЭС в модели определяется потребным количеством комбайнов для уборки зерновых культур. В силу того, что продолжительность уборки ограничивается жесткими агросроками, а производительность уборочных агрегатов на базе УЭС сопоставима с производительностью комбайнов Acros, их загрузка на этих работах не превышает 160 ч. Остальная часть до полной годовой загрузки УЭС обеспечивается за счет объемов работ, выполняемых при почвообработке, посеве, уборке трав. Это видно из графика, представленного на рис. 3.

Количество универсально-пропашных тракторов МТЗ-1523 и МТЗ-1221 в новых вариантах также умень-

шается, преимущественно за счет снижения количества тракторов МТЗ-1523. Это вполне объяснимо, так как их цена в полтора раза выше при не столь существенном увеличении значений технических характеристик.

Особый интерес представляют приведенные в табл. 1 данные по затратам на топливно-смазочные материалы (ТСМ). Так, в отдельных моделях при внедрении комплексов на базе УЭС затраты на ТСМ выросли. В результате анализа технологических карт установлено, что при вспашке на глубину, например, 25–27 см, УЭС, имея резерв мощности, не может его реализовать по сцеплению с почвой из-за недостаточного веса, а на малоэнергоёмких операциях в процессе возделывания культур двигатель оказывается недогруженным и работает не в оптимальном режиме. Устранить отмеченные недостатки предлагается путем балластировки шасси при вспашке, что не представляет труда при наличии на нем погрузочно-разгрузочного оборудования и комплектовании двигателем переменной мощности, которая может снижаться при выполнении малоэнергоёмких операций.

Наряду со стоимостными показателями эффективности предлагаемых технико-технологических решений, определили показатели удельной энергонасыщенности МТП моделей. Значение удельной энергонасыщенности определяли как мощность всех силовых установок мобильных энергосредств, входящих в состав МТП, приходящуюся на 100 га пашни. Диаграмма изменения этого показателя по базовым и предлагаемым вариантам представлена на рис. 4, а. Как видно из диаграммы, показатель энергонасыщенности МТП, оснащенных УЭС с комплектами сменных модулей, существенно ниже по сравнению с МТП, укомплектованными серийной техникой. Снижение потребной мощности на 100 га пашни составляет 28,3–38,1 % в зависимости от размещения подзон и моделей.

Внедрение в состав МТП УЭС с комплектами сменных модулей привело также к снижению удельной материалоемкости входящих в них парков мобильных энергосредств (тракторов и комбайнов). На рис. 4, б представлена диаграмма удельной материалоемкости МТП в

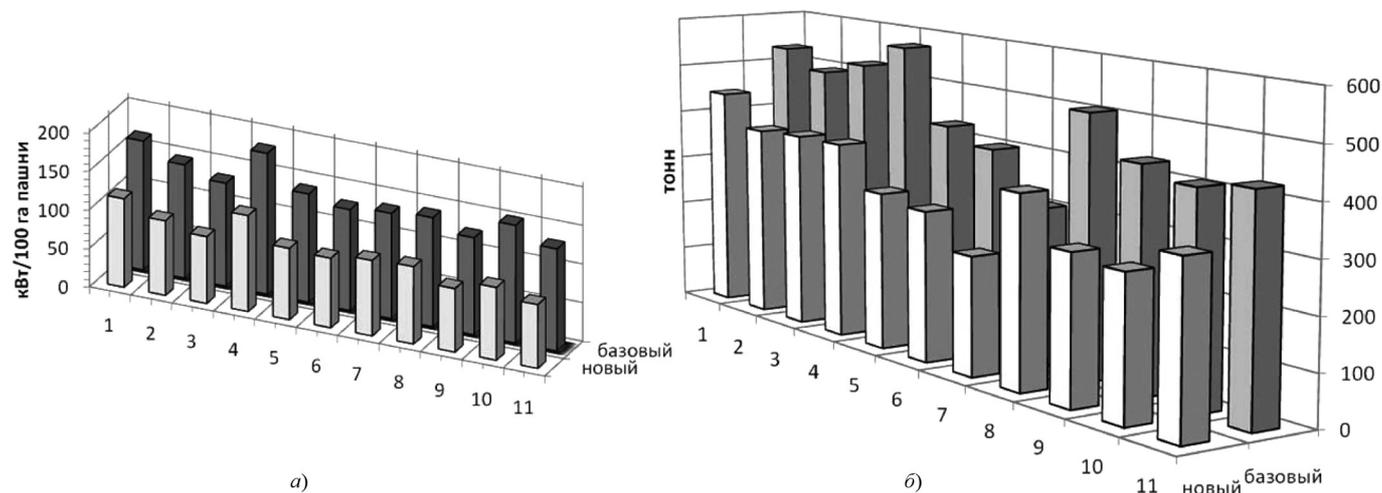


Рис. 4. Диаграммы удельной энергонасыщенности (а) и удельной материалоемкости (б) МТП моделей, укомплектованных техническими средствами по базовому и предлагаемому вариантам подзон регионов Юга России

моделях по рассматриваемым вариантам комплектации, из которой видно, что снижение удельной материалоемкости весьма значительно. Уровень ее варьирования составляет 16,5—33,4 %.

Снижение энергонасыщенности МТП моделей без ущерба для своевременного и качественного выполнения всего объема работ в полеводстве наряду со снижением удельной материалоемкости парка мобильных энергосредств оказывает положительное влияние и на экологическую обстановку. Избыточные мощности и материалы могут быть использованы в других отраслях, что сократит общую потребность в них в целом по стране.

## Выводы

В результате проведенных исследований установлено, что внедрение УЭС с комплектами сменных модулей в МТП моделей, представляющих подзоны регионов Юга России, позволяет:

— уменьшить эксплуатационные затраты на выполнение всего объема работ в полеводстве на 12,4—20,6 % и стоимость парка машин на 17,5—29 %;

— увеличить ЧДД на 31,8—246 %.

Сокращение количества энергосредств в составе новых МТП позволяет снизить удельную энергонасыщенность, приходящуюся на 100 га пашни, на 28,3—38,1 % и удельную материалоемкость на 16,5—33,4 %.

Рост расходов на ТСМ предложено снизить путем балластирования шасси на энергоемких работах, что не представляет труда при наличии на нем погрузочно-разгрузочного оборудования и комплектации двигателем переменной мощности, которая может снижаться при выполнении малоэнергоемких операций.

Для Северной и Восточной подзон Ростовской обл., Овцеводческой и Прикурортной подзон Ставропольского края внедрение только инноваций в области совершенствования МТП хотя и улучшает показатели его использования, но не имеет радикального эффекта. Очевидно, для этих подзон актуальны ведущиеся в последние годы исследования по разработке новых ресурсосберегающих технологий, таких как минимальная и нулевая.

## Литература и источники

1. Бурьянов А. И., Пахомов В. И., Дмитренко А. И. и др. Способ агрегатирования набора сменяемых модулей-адаптеров и блоков из них с энергосредством для выполнения механизированных работ при производстве сельскохозяйственной продукции и средство для его осуществления. Патент РФ № 2431954, 2011.

2. Бурьянов А. И., Дмитренко А. И. Универсальные технические системы для сельского хозяйства // Сельскохозяйственная техника. 2015, т. LII, № 1. С. 27—39.

3. Бурьянов А. И., Дмитренко А. И. Современные тенденции развития мобильных энергетических средств для села // Техника и оборудование для села. 2015, № 6. С. 8—13.

4. Дмитренко А. И. Способы и средства агрегатирования набора адаптеров с энергосредством для выполнения технологических и погрузочно-транспортных процессов при производстве продукции полеводства // Техника будущего: перспек-

тивы развития сельскохозяйственной техники: Сб. тр. междунар. науч.-практ. конф. Краснодар, 2013. С. 109—114.

5. Бурьянов А. И., Бурьянов М. А., Дмитренко А. И. и др. О влиянии природно-климатических и экономических факторов на эффективность механизированных технологий и средств их реализации при производстве продукции полеводства // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: Мат-лы 7-й междунар. науч.-практ. конф. Ростов-на-Дону, 2014. С. 71—74.

6. Бурьянов А. И., Дмитренко А. И., Рехлицкий О. В. и др. Энергосредство для агрегатирования с набором сменяемых модулей-адаптеров при производстве сельскохозяйственной продукции. Патент РФ № 2574479, 2016.

7. ГОСТ Р 53056—2008. Техника сельскохозяйственная. Методы экономической оценки. М.: Стандартинформ, 2009. 22 с.

8. Бершицкий Ю. И., Горячев Ю. О. Оптимизация состава МТП с использованием целочисленного линейного программирования // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1999, № 1. С. 23—26.

## References

1. Bur'yanov A. I., Pakhomov V. I., Dmitrenko A. I., Bur'yanov M. A. *Sposob agregatirovaniya nabora smenyaemykh moduley-adapterov i blokov iz nikh s energosredstvom dlya vypolneniya mekhanizirovannykh rabot pri proizvodstve sel'skokhozyaystvennoy produktsii i sredstvo dlya ego osushchestvleniya* [A method for aggregating a set of interchangeable module adapters and blocks with power unit to perform mechanized works in agricultural production and means for its implementation]. RF patent no. 2431954, 2011.

2. Bur'yanov A. I., Dmitrenko A. I. Universal technical systems for agriculture. *Selskostopanska tekhnika*, 2015, vol. LII, no. 1, pp. 27—39 (in Russ.).

3. Bur'yanov A. I., Dmitrenko A. I. Current trends in development of mobile power units for rural areas. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2015, no. 6, pp. 8—13 (in Russ.).

4. Dmitrenko A. I. Ways and means of aggregating a set of adapters with power unit to perform processing, loading and transport processes in field crops production. *Tekhnika budushchego: perspektivy razvitiya sel'skokhozyaystvennoy tekhniki. Sb. tr. mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Technology of the future: development prospects of agricultural machinery. Proc. int. sci. and pract. conf.]. Krasnodar, 2013, pp. 109—114 (in Russ.).

5. Bur'yanov A. I., Bur'yanov M. A., Dmitrenko A. I., Goryachev Yu. O. On the influence of climate, environmental and economic factors on efficiency of mechanized technologies and of their implementation means in field crops production. *Sostoyanie i perspektivy razvitiya sel'skokhozyaystvennogo mashinostroeniya. Mat-ly 7-y mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [State and prospects of development of agricultural engineering. Proc. of 7th int. sci. and pract. conf.]. Rostov-on-Don, 2014, pp. 71—74 (in Russ.).

6. Bur'yanov A. I., Dmitrenko A. I., Rekhlicskiy O. V., Volkov I. V., Kamko A. I. *Energosredstvo dlya agregatirovaniya s naborom smenyaemykh moduley-adapterov pri proizvodstve sel'skokhozyaystvennoy produktsii* [Power unit for aggregation with a set of interchangeable module adapters in agricultural production]. RF patent no. 2574479, 2016.

7. GOST R 53056—2008. Agricultural machinery. Methods of economic evaluation. Moscow, Standartinform Publ., 2009, 22 p.

8. Bershitskiy Yu. I., Goryachev Yu. O. Optimization of machine and tractor fleet composition by using integer linear programming. *Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya sel'skogo khozyaystva*, 1999, no. 1, pp. 23—26 (in Russ.).