

ПЕРСПЕКТИВНЫЙ ТИПОРАЗМЕРНЫЙ РЯД СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ТРАКТОРОВ

Григорий Шкариковский

*Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины
Украина, г. Киев, ул. Героев Оборона, 15*

Grigoriy Shkaryvskiy

*National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine
Heroiv Oborony Str., 15, Kiev, Ukraine*

Аннотация. Изложены результаты исследований относительно обоснования перспективного многопараметрического типоразмерного ряда мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения, главными параметрами которого есть номинальное тяговое усилие, мощность установленного двигателя и уровень универсальности.

Ключевые слова: мобильное энергетическое средство, типоразмерный ряд, главный параметр, номинальное тяговое усилие, мощность установленного двигателя, уровень универсальности.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Успешное реформирование агропромышленного комплекса Украины возможно при условии обеспечения высокой эффективности работы хозяйств различных размеров и форм землепользования, что непременно сопровождается как совершенствованием уже апробированных, так и внедрением новейших технологий выращивания сельскохозяйственных культур, базирующихся на соответствующих средствах механизации. Проблемы, возникающие при этом обуславливаются рядом факторов, одним из основных среди которых есть обеспеченность хозяйств высокоэффективными мобильными энергетическими средствами (МЭС).

Очерченная проблема, с учетом изменений в структуре парков хозяйств [1], характерна и для зарубежных стран. Это стимулировало тракторостроительные предприятия мира к существенному расширению номенклатуры МЭС и их стремительной эволюции, учитывая расширение возможностей уже существующих конструкций [2], и удовлетворяя тем самым запросы потребителей

энергосредств сельскохозяйственного назначения.

Однако эволюция энергетических средств имеет и негативные примеры, когда усовершенствованная или заново созданная машина не находила проектного применения на производстве (самоходные шасси СШ-45, СШ-75; интегральные тракторы типа МВ-трас, ЛТЗ-155, Fendt-524 Xylon и т.п.). Причинами этого могли быть организационные просчеты, ошибки при разработке, недостатки конструкции, отсутствие необходимых комплексов машин и орудий для агрегатирования, неудовлетворительные условия агрегатирования и т.п. Последствиями таких негативных примеров были чрезмерные затраты на разработку и внедрение новейших технологий и необходимых для их реализации технических средств, а отсюда и сдерживание научно-технического прогресса в сельскохозяйственном производстве. Выходом из этой сложной ситуации может быть разработка и оптимизация типоразмерного ряда МЭС сельскохозяйственного назначения, поскольку оптимизация параметрических (типоразмерных) рядов имеет важное значение. Оптимально выбранные параметрические ряды удовлетворяют потребности в продукции различных видов при наименьших общих затратах [3].

Учитывая изложенное выше, на данном этапе целесообразно обосновать типоразмерный ряд мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения. Это позволит однозначно определиться с продукцией отечественного тракторостроения как сегодня, так и на перспективу, а также вернет в руки государства рычаги координации действий предприятий сельскохозяйственного машиностроения и, как следствие, ограничит расходы и сократит время

на разработку и внедрение новейших технологий в растениеводстве и техники для их реализации.

АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Основой типоразмерного ряда являются его главные параметры, которые должны оставаться неизменными в процессе модернизации машины. Учитывая изложенное выше, исследователи стремились систематизировать параметры энергосредств, выделив среди них главные и, обосновать как можно точнее типоразмерный ряд МЭС. По этой причине процесс обоснования и уточнения типоразмерного ряда энергосредств растянут во времени от момента создания первых машин и до нынешнего времени и, исходя из анализа опубликованных трудов, еще далек от завершения. Однако, ряд исследований, приведенных ниже, существенно приблизили этот процесс к завершению.

В 1940 году Д.А. Чудаков предложил принять тяговое усилие за параметр для определения класса трактора. В перспективном же типаже тракторов 1946 года в Советском Союзе в качестве главного параметра была принята мощность двигателя [4]. Однако, учитывая то, что увеличение мощности двигателя, необходимое на то время для обеспечения более высоких рабочих скоростей, мало влияло на тяговые показатели трактора, в качестве главного параметра для обоснования типоразмерного ряда тракторов на долгое время было принято номинальное тяговое усилие. Этот показатель был более устойчив при модернизации машин, включая и повышение их мощности [4].

В основу построения типоразмерного ряда тракторов по номинальному тяговому усилию был положен следующий принцип. Трактор с номинальным тяговым усилием $P_{кр.н}$, которое больше номинального тягового усилия $P_{кр.н i}$ класса i , но меньше номинального тягового усилия $P_{кр.н (i+1)}$ класса $(i + 1)$, относят к классу $(i + 1)$ в том случае, если $P_{кр.н} \geq 0,9 \times P_{кр.н (i+1)}$ и к классу i , если $P_{кр.н} < 0,9 \times P_{кр.н (i+1)}$. За основу при определении $P_{кр.н}$, принято такое тяговое усилие, при котором коэффициент использования сцепления $\varphi_{кр}$, а соответственно, и

буксования трактора, не превышают определенных заданных величин:

$$P_{кр.н} = \varphi_{кр} \quad (1)$$

где: G_1 - сцепной вес трактора; $\varphi_{кр}$ - коэффициент использования сцепления [4].

Следует отметить, что такая методика была принята во времена, когда наиболее полно реализовать мощность установленного двигателя можно было лишь через тягу, поскольку отбор энергии через другие системы был еще недостаточно распространен. Подобные подходы рассматриваются и сейчас при обосновании типоразмерного ряда мощных промышленных [5], и сельскохозяйственных [6] тракторов.

С развитием конструкций тракторов и сельскохозяйственных машин, их систем отбора и приема энергии, технологий выращивания сельскохозяйственных культур трактор также рассматривается, как мобильное энергетическое средство способное отдавать энергию преимущественно через системы отбора мощности. Прежде всего, это касается уборочных машин. Для уборочных самоходных шасси (их особенностью является возможность высвободиться из состава того или иного агрегата), в которых основная часть мощности используется через вал отбора мощности (ВОМ), может быть сохранена классификация по мощности двигателя [4].

Попытки разработки типоразмерного ряда МЭС по мощности установленного двигателя изложены в работах [7, 8, 9, 10]. Критериями обоснования уровней мощности в данных работах служили, в основном, возможности обеспечения экономических показателей работы преимущественно тяговых и тягово-приводных агрегатов в различных условиях при обеспечении оптимального уровня загрузки двигателя. Следует отметить, что в названных работах представлены разные уровни мощности двигателей энергосредств. Так, в работе [8] применены следующие классы мощности 10, 20, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 110 и 130 кВт, в работе [7] - 25, 50, 60, 70, 80, 90, 130, 150, 165, 200 и 270 л.с., а в работе [10] мощность двигателей в пределах 27-503 л.с. до мощности 150 л.с. проградуйрована согласно арифметической прогрессией с разницей 7 л.с., а после 150 л.с. интервалы другие и изменяются по дру-

гому закону. Этот факт говорит об отсутствии единых научно обоснованных подходов к градации энергосредств по мощности установленного двигателя.

Интерес вызывает работа [11], в которой приведена классификация энергосредств по мощности установленного двигателя, которая соответствует Международной агрегатноунифицированной системе классификации энергосредств. В работе приведены шесть групп мощности: I - до 30 кВт; II - от 31 до 69 кВт; III - от 70 до 119 кВт; IV - от 120 до 150 кВт; V - от 151 до 220 кВт; VI - свыше 220 кВт. Однако, полностью отсутствует методика обоснования названных групп. Кроме того, в работе [11] применена попытка классификации энергосредств по годовой загрузке, что позволяет прогнозировать возможную экономическую эффективность энергосредства. Одним из недостатков данной работы является отсутствие научно обоснованной методики отнесения энергосредств к группам по мощности установленного двигателя и годовой загрузке. Кроме того, работа [11] направлена на рассмотрение уборочных машин специализированных и созданных на базе самоходных шасси, которые могут высвободиться и совсем не учитывает энергосредств других конструкций.

В работах [12 и 13] представлены ориентировочные уровни мощности двигателей МЭС сельскохозяйственного назначения, как в общем случае, так и внутри каждого из существующих тяговых классов, однако здесь ничего не сказано относительно использования этих уровней в качестве типоразмерного ряда для энергосредств.

Таким образом, в результате проведенного анализа установлено, что существует, как минимум, три подхода к обоснованию типоразмерных рядов МЭС: по номинальному тяговому усилию; по мощности установленного двигателя; по годовой загрузке. Согласно этому можно выделить три главных параметра, по которым существовали попытки обоснования типоразмерных рядов, а именно: номинальное тяговое усилие; мощность установленного двигателя и годовая загрузка. Изложенные обстоятельства затрудняют применение экономически обоснованных подходов к проектированию, изготовлению и

обеспечению эффективного использования энергосредств, что побуждает к поиску других или дополнительных главных параметров для построения одно- или многопараметрического типоразмерного ряда МЭС.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью работы является обоснование перспективного типоразмерного ряда мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В результате предварительно проведенных исследований относительно усовершенствования типоразмерного ряда МЭС сельскохозяйственного назначения установлено, что с целью обеспечения максимальной информации об энергетических средствах, которая помещается в главных параметрах их типоразмерного ряда последний целесообразно представлять многопараметрическим, главными параметрами которого целесообразно принять номинальное тяговое усилие, мощность установленного двигателя и уровень универсальности [14].

Учитывая то, что типоразмерный ряд целесообразно представить тремя главными параметрами, изучим множества существования значений каждого из них и во взаимодействии между собой.

Номинальное тяговое усилие. Стандартом [15] предусмотрено 10 тяговых классов тракторов 0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3; 4; 5; 6; 8 с соответствующими им номинальными тяговыми усилиями 2, 6, 9, 14, 20, 30, 40, 50, 60 и 80 кН. Сегодня машины названных классов присутствуют в хозяйствах Украины не смотря на то, что тракторный парк за последние годы существенно сократился. Кроме того, в связи с реформированием аграрного сектора произошло существенное перераспределение площадей хозяйств, что требует при обосновании тяговых классов, которые сегодня необходимы для обеспечения выполнения основных технологических операций, анализа возможности применения всех предполагаемых стандартом [15] классов. Исключение могут составить лишь энергосредства класса 0,2, использование

которых предполагалось преимущественно в приусадебных хозяйствах, что и подтверждает их необходимость.

При обосновании тяговых классов руководствовались следующими соображениями. Государство имеет определенную площадь пашни, которая поделена между хозяйствами определенных размеров. Общая площадь пашни обрабатывается в два этапа: весной и осенью. В технологических процессах выращивания сельскохозяйственных культур предусмотрены операции, которые должны выполняться в оптимальные агротехнические сроки, что определяет в дальнейшем урожайность культуры. В связи с этим, для обоснования тяговых классов исследовалась возможность выполнения основных технологических операций в допустимые агротехнические сроки энергосредствами классов 0,6-8 в хозяйствах разных размеров. Исследовались следующие операции: основное возделывание почвы (пахота), сев озимых, посев сахарной свеклы, междурядная обработка сахарной свеклы. Уборочные операции в названный перечень не вошли, поскольку основной расход энергии при их выполнении осуществляется через механизмы и системы отбора мощности, а не через ходовую систему для создания тягового усилия.

В исследуемую выборку вошли хозяйства площадью 7,5, 15, 35, 75, 150, 250, 750, 1500, 2500, 3500, 4500, 6000, 8000 и 15000 га. Во время исследований определяли производительность агрегата согласно зависимости [16]:

$$W = 0,1 \times B_p \times V_p \times \tau, \quad (2)$$

где: W - производительность агрегата, га/ч; 0,1 - коэффициент перевода; B_p - рабочая ширина захвата, м; V_p - рабочая скорость агрегата, км/ч; τ - коэффициент использования времени смены.

Данные относительно B_p , V_p и τ принимались с учетом работ [16, 17, 18].

После определения производительности рассчитывали необходимое количество агрегатов созданных на базе тракторов классов 0,6 - 8 для выполнения всего объема работ в агротехнический срок по формуле [16]:

$$n = \frac{S}{W \times T_{CM} \times T_{AC}}, \quad (3)$$

где: n - необходимое количество тракторов, шт; S - площадь пашни, которая приходится к возделыванию (исходя из распределения

посевных площадей, вспашку проводят в осенний период под озимые зерновые, пар и т.д., площадь которых составляет около 40% от общей площади пашни хозяйства), га; T_{CM} - продолжительность смены, ч; T_{AC} - агротехнологический срок выполнения операции, дни.

По данным работы [19] агротехнологические сроки выполнения пахоты, сева озимых, посева свеклы и междурядной обработки свеклы принимались соответственно 22, 8 и 3 дня.

В результате исследований установлено, что наибольшее количество машин различных тяговых классов необходимо для выполнения пахоты. Результаты расчетов возможной потребности в энергосредствах различных тяговых классов представлены в табл. 1.

Данные табл. 1 указывают на то, что для выполнения пахоты в оптимальные агротехнические сроки для основных типов хозяйств, которые сегодня есть в Украине целесообразно использовать тракторы всех тяговых классов, которые предусмотрены стандартом [15]. Аналогичная картина наблюдается и для посева озимых при значительно более низких количественных показателях. Что касается посева и междурядной обработки сахарной свеклы, то здесь необходимо ограничиться сверху тракторами тягового класса 3, учитывая наличие существующих комплексов машин (включая и новые разработки) и экономическими и агротехническими требованиями к операциям.

В Украине сегодня производятся или могут производиться машины тяговых классов 0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3; 4; 5, а полностью отсутствуют в производстве только тракторы классов 6 и 8. Избежать необходимости использования машин классов 6 и 8 можно за счет увеличения количества машин низких классов (см. табл 1), что будет сопровождаться увеличением количественного состава парков хозяйств. Однако, следует отметить, что в сельском хозяйстве Украины для выполнения технологических операций, сегодня используются трактора Т-130 класса 6 и тракторы Claas Challenger класса 8, что подтверждает необходимость их включения в типоразмерный ряд мобильных.

Таблица 1. Результаты расчетов потребности в тракторах различных тяговых классов для выполнения основной обработки почвы в разрезе площадей хозяйств

Table 1. Results of calculations of requirement in tractors of different hauling classes for implementation of basic treatment of soil in cut of areas of economies

Площадь хозяй- ства, га	Необходимое количество тракторов в разрезе тяговых классов, шт.								
	0,6	0,9	1,4	2	3	4	5	6	8
7,5	1	1	1	1	1	1	1	1	1
15,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
35,0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
75,0	2	1	1	1	1	1	1	1	1
150,0	4	2	1	1	1	1	1	1	1
250,0	7	2	1	1	1	1	1	1	1
750,0	22	5	3	2	1	1	1	1	1
1500,0	43	10	5	4	2	2	1	1	1
2500,0	72	17	9	7	3	3	2	2	2
3500,0	101	24	12	10	5	4	3	3	2
4500,0	129	31	15	12	6	5	4	3	3
6000,0	172	41	20	16	8	7	5	5	3
8000,0	230	54	27	22	11	9	7	6	4
15000,0	431	102	51	41	20	17	13	11	8

энергетических средств, и в которых сегодня нуждается сельскохозяйственное производство

Таким образом, перспективный типоразмерный ряд мобильных энергетических средств должен включать машины тяговых классов 0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3; 4; 5; 6 и 8, для которых должны быть обоснованы уровни мощности двигателей и уровни универсальности.

Мощность установленного двигателя. Представленные в работе [13] ориентировочные уровни мощности двигателей для МЭС сельскохозяйственного назначения определены в разрезе существующих тяговых классов и насчитывают 65 позиций (5, 6, 7, 8, 9, 11, 19, 22, 26, 30, 35, 40, 41, 48, 49, 56, 57, 58, 67, 68, 70, 79, 81, 82, 92, 95, 96, 105, 112, 123, 128, 131, 140, 144, 154, 160, 161, 168, 180, 181, 184, 187, 193, 197, 200, 203, 211, 218, 225, 228, 240, 254, 257, 259, 262, 277, 295, 299, 305, 307, 320, 348, 351, 401 и 406 кВт), размещение которых трудно описать общеизвестными математическими законами (разница между соседними уровнями составляет от 1 до 50 кВт в случайной последовательности). Для каждого из суще-

ствующих тяговых классов уровни мощности определялись с учетом экономических требований, выраженных через коэффициент минимального использования мощности двигателя ε_{min} . Однако, при условии внедрения названных уровней мощности, может возникнуть ситуация, которая приведет к чрезмерным затратам при организации производства двигателей, а также может вызвать определенные трудности по обеспечению в конструкциях двигателей других, отличных от уровня мощности (масса, габаритные размеры и т.п.) требований потребителя.

С другой стороны в работе [12] приведен геометрический ряд уровней мощности двигателей мобильных энергетических средств, который сформирован также с учетом экономических требований сельскохозяйственного производства к ним. Этот ряд характеризуется пределами 5-406 кВт, знаменателем геометрической прогрессии $q = 1,192$ и двадцатью шестью членами (уровнями мощности), а именно: 5; 6; 7; 8; 10; 12; 14; 17; 20; 24; 29; 35; 41; 49; 59; 70; 83; 99; 119; 141; 169; 201; 240; 286; 341 и 406 кВт. Разница между соседними членами построенного ряда мощностей не превышает 20%, что го-

ворит о его стабильности, а отсюда и экономической предсказуемости на всем рассматриваемом интервале с границами 5-406 кВт. Кроме того наличие знаменателя геометрической прогрессии позволяет продолжить ряд в обе стороны без изменения его стабильности и экономических показателей при возникновении такой необходимости в результате развития конструкций как сельскохозяйственных машин и орудий, так и энергосредств.

Исходя из изложенного выше, при обосновании уровней мощности двигателей МЭС будущего типоразмерного ряда целесообразно было бы применить методiku, которая предусматривает определение базовых и промежуточных уровней. Тогда за базовые целесообразно принять обоснованные с учетом экономических требований и размещенных в геометрической прогрессии уровней мощности с границами 5 и 406 кВт [12]. Что же касается промежуточных уровней мощности, то в качестве таковых можно использовать уровни, приведенные в работе [13]. Однако, при решении этого вопроса, по нашему мнению, следует воспользоваться следующими соображениями.

Мощность двигателя существенно меняется в зависимости от технического состояния его деталей, качества топлива, гидравлического сопротивления воздухоочистителя и тракта подачи воздуха и т.д. В процессе эксплуатации мощность двигателя также не является величиной фиксированной. Поэтому, по нашему мнению, для двигателя в типоразмерном ряду целесообразно фиксировать уровень мощности, который обеспечивается его конструкцией и обоснованный геометрическим рядом с двадцатью шестью членами, приведенными выше, а промежуточные уровни могут быть произвольными, но ограниченными рамками соседних значений мощности в ряду и обеспечиваться только настройкой топливной аппаратуры. Так, например, базовым может служить уровень мощности 119 кВт, а промежуточные уровни ограничены отрезком 99-119 кВт. Такой подход, по нашему мнению, позволит потребителю формировать к каждому из двигателей, которые характеризуют тот или иной

уровень мощности отдельные требования, продиктованные сферой применения конкретного энергосредства. То есть двигатели, которые будут использоваться на энергосредствах типоразмерного ряда будут обеспечивать указанные выше базовые уровни мощности и конструктивно обеспечивать необходимые сферы применения (уровни универсальности) МЭС, или, что одно и то же, будут иметь определенную гамму моделей и модификаций в одном классе мощности.

Уровень универсальности. Потребитель эксплуатирует энергосредства, потенциал которых в 3-4 раза превышает уровень его использования [20, 21], что негативно отражается на себестоимости продукции, поскольку за технику, которая обладает высокими показателями необходимо платить больше. Причиной этого является неконтролируемое повышение значений показателей, которые влияют на универсальность и не регламентированных как типоразмерным рядом, так и процедурой его оптимизации.

Обоснование базовых уровней универсальности при разработке типоразмерного ряда МЭС позволит решить вопросы обоснования конструкции машины еще на стадии проектирования предусмотрев конструктивно максимально-возможной ее комплектацию, чтобы достичь необходимого уровня универсальности. А уже комплектацией при поставках потребителю (установкой или не установкой заказанных узлов) регулировать уровень универсальности и, соответственно, цену энергосредства.

Учитывая то, что обоснование уровней мощности двигателей изложенное в работах [12] и [13] проведено с теми допущениями, что с целью расширения сферы применения энергосредств за счет использования на уборочных работах (повышение уровня универсальности), применение более высокого балластирования (также повышение уровня универсальности) необходимо повысить мощность двигателя можно утверждать, что в построении типоразмерного ряда МЭС заложена зависимость универсальности от мощности. При таких условиях базовые уровни универсальности энергосредств

Таблица 2. Значение коэффициента универсальности конструкции тракторов задействованных в выполнении основных технологических процессов

Table 2. Value of coefficient of universality of construction of tractors of the basic technological processes involved in implementation

Культура	Марка трактора									
	ХТЗ-17021	Т-150К	Т-150	ХТЗ-120	Т-70С	ПМЗ-6АКЛ	ПМЗ-80	МТЗ-80/82	Т-25	Т-16МГ
1. Многолетние травы	-	-	0,14	-	-	0,13	-	0,20	0,14	-
2. Картофель	-	0,17	0,15	-	-	-	-	0,17	-	-
3. Кукуруза на зерно	0,15	0,15	0,15	-	-	0,10	-	0,15	-	-
4. Кукуруза на силос	-	0,15	0,15	-	-	0,09	-	0,15	-	0,09
5. Озимая пшеница	0,15	0,15	0,15	-	-	0,09	-	0,13	0,06	-
6. Озимая рожь	-	0,15	0,15	-	-	0,10	-	-	0,06	0,09
7. Пшеница ярая	0,15	0,14	0,15	-	-	0,09	-	0,11	-	-
8. Подсолнух	-	0,17	0,15	0,14	-	0,10	0,20	-	0,06	0,09
9. Сахарная свекла	-	0,15	0,15	-	0,17	0,10	-	0,14	-	-
10. Ячмень	-	0,15	0,15	-	-	0,12	-	-	0,06	0,09

должны быть связаны с уровнями мощности двигателей, то есть построены в виде геометрического ряда, основой построения которого является определение его исходных параметров: $K_{уК.min.i}$ - минимальное значение коэффициента универсальности конструкции задействованного в выполнении технологических процессов энергосредством определенного типа; $K_{уК.max.i}$ - максимальное значение коэффициента универсальности конструкции задействованного в выполнении технологических процессов энергосредством того же типа; $g_{уК}$ - знаменатель геометрической прогрессии базовых уровней универсальности.

С целью определения исходных параметров геометрической прогрессии обращались к результатам исследований уровней универсальности тракторов реализованных в технологических процессах выращивания и уборки сельскохозяйственных культур, изложенных в работе [21], дополнив их исследованиями в области последних разработок технологических процессов [22], результаты которых приведены в табл. 2.

Результаты исследований, приведенные в табл. 2 показывают, что энергосредства ЮМЗ-6АКЛ и ЮМЗ-80 имеют показатели универсальности, характер изменения которых скачкообразный. Так, в технологическом процессе выращивания подсолнечника значение $K_{уК}$ для ЮМЗ-6АКЛ не превышают 0,10, а для ЮМЗ-80 - составляют 0,20, что можно объяснить улучшением отдельных показателей для ЮМЗ-80 по сравнению с ЮМЗ-6АКЛ. В других технологических процессах показатель универсальности находится в пределах 0,09 - 0,13, что позволяет в качестве $K_{уК.min.i}$ принять значение 0,10, а в качестве $K_{уК.max.i}$ - 0,20.

Для построения геометрического ряда воспользовались методикой примененной нами при построении геометрического ряда мощностей двигателей изложенной в работах [12] и [13], предварительно заменив в них параметр «мощность» на «уровень универсальности».

После проведенных расчетов установлено, что геометрический ряд уровней универ-

сальности МЭС характеризуется знаменателем $g_{уК} = 1,778$ и

включает 5 уровней, а именно: 0,10; 0,18; 0,32; 0,56 и 1,00. Полученные уровни универсальности является требованием к общей конструкции машины, и могут служить в качестве базовых уровней универсальности.

Анализ работ [20, 21] и табл. 2 показывает, что представленные в них энергосредства реализовывают в технологических процессах показатели универсальности, которые очень низки и существенно отличаются от заложенных в их конструкциях.

Логично допустить, что уровень развития технологических модулей для агрегатирования с МЭС не будет настолько стремительным, чтобы реализовать все задекларированные уровни универсальности. Поэтому следует допустить, что повышение уровня универсальности энергосредств будет осуществляться вместе с развитием технологических модулей к ним менее высокими темпами за счет изменения комплектации энергосредства того или иного базового уровня универсальности. Этого можно достичь, используя в качестве промежуточного ряда уровней универсальности арифметическую прогрессию с разностью $d = 0,10$. Тогда ряд промежуточных уровней универсальности будет иметь 9 ориентировочных уровней, а именно: 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80 и 0,90.

Учитывая то, что базовый уровень универсальности является максимально возможным для данной конструкции машины взаимодействие базовых и промежуточных уровней универсальности можно представить следующим образом (табл. 3). Как показывают данные табл. 3, промежуточные уровни наиболее сгруппировались возле наивысшего показателя базового уровня универсальности, что и характерно, поскольку этот уро-

вень самый сложный и его реализация в технологических процессах будет наиболее продолжительной.

Задача обоснования типоразмерного ряда МЭС заключается в сочетании обоснованных нами выше рядов энергосредств по номинальному тяговому усилию, по мощности установленного двигателя и по уровню универсальности.

Сочетание рядов по номинальному тяговому усилию и мощности установленного двигателя уже состоялось, поскольку уровни мощности определялись в пределах тяговых классов [13] и только, с учетом обоснованного в работе [12] общего ряда мощностей двигателей для МЭС сельскохозяйственного назначения требует уточнения путем замещения уровней мощностей приведенных в работе [13] аналогичными или ближайшими высшими, если отсутствуют аналогичные по размеру уровни мощности геометрического ряда обоснованного в работе [12].

Относительно сочетания рядов номинального тягового усилия и мощности установленного двигателя с рядом универсальности следует заметить следующее. Поскольку, как указывалось выше, существует зависимость уровня универсальности от мощности внутри тягового класса энергосредств, то базовые уровни универсальности целесообразно распределять внутри тягового класса энергосредств подобно уровням мощности. Согласно данным работы [13] в отдельных тяговых классах присутствуют 3-6 уровней мощности, а уровней универсальности предусмотрено всего 5. Учитывая то, что в типоразмерном ряду будут представлены аналогичные, или более высокие значения мощности, по сравнению с приведенными в работе [13], обоснование уровней универсальности для них целесообразно проводить согласно следующих соображений:

Таблица 3. Взаимодействие базовых и промежуточных уровней универсальности МЭС
Table 3. Co-operation of base and intermediate levels of universality of MES

	Значение уровня универсальности									
	0,10	0,18	0,32	0,56	1,00					
Базового	0,10	0,18	0,32	0,56	1,00					
Промежуточного	-	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90

а) если внесенный в типоразмерный ряд нижний (начальный) уровень мощности для определенного тягового класса равен или очень мало отличается (до 5%) от нижнего (начального) уровня для этого класса задекларированного в работе [13], то данному начальному уровню мощности соответствует начальный уровень универсальности, второй уровень мощности соответствует второму уровню универсальности и т.д.;

б) если включенный в типоразмерный ряд начальный уровень мощности превышает задекларированный в работе [13] начальный уровень более чем на 5%, то начальному уровню мощности соответствует второй уровень универсальности, а второму уровню мощности - третий уровень универсальности и т.д.;

в) если верхний уровень мощности энергосредства данного класса превышает верхнюю границу возможных значений мощностей, задекларированную в работе [13], и порядковый номер этого уровня превышает количество уровней универсальности, то этому уровню мощности соответствует наивысший уровень универсальности;

г) для энергосредств тяговых классов 4 и выше, где наблюдается ограничение количества уровней мощности действуют правила а и в.

С использованием приведенных выкладок был построен перспективный типоразмерный ряд мобильных энергетических средств - табл. 4.

Данные табл. 4 показывают, что энергосредства различных тяговых классов предусматривают разные уровни универсальности. Так, предложенным типоразмерным рядом не предусмотрен самый низкий уровень универсальности для колесных энергосредств классов 0,9, 3 и 8, а гусеничных - 4, 5 и 8. Это можно считать оправданным, поскольку энергосредства, например, класса 3, согласно результатам исследований изложенных в работе [21] и табл. 2 имеют показатели универсальности, которые существенно превышают количественное значение уровня универсальности первого базового уровня - 0,10, хотя промежуточный уровень 0,10 для них возможен для реализации.

Особого внимания заслуживает установленный факт отсутствия в обоснованном

типоразмерном ряде энергосредств с двигателями мощностью 14 и 17 кВт предусмотренными геометрическим рядом обоснованным в работе [12]. Причиной этому, по нашему мнению, есть большой промежуток между тяговыми классами 0,2 и 0,6. Одним из путей ликвидации это может быть введение еще одного тягового класса, который характеризовался бы энергосредствами с двигателями мощностью 12, 14, 17, 20 и 24 кВт. Однако для принятия такого решения необходимо иметь достаточное научное и, в первую очередь, экономическое обоснование.

ВЫВОД

В результате проведенных исследований установлено, что перспективный типоразмерный ряд мобильных энергетических средств сельскохозяйственного назначения должен характеризоваться: номинальным тяговым усилием, которое, на данном этапе, будет реализовываться десятью тяговыми классами, а именно: 0,2; 0,6; 0,9; 1,4; 2; 3; 4; 5; 6 и 8; мощностью установленного двигателя представленной геометрическим рядом, который характеризуется пределами 5-406 кВт, знаменателем геометрической прогрессии $g = 1,192$ и двадцатью шестью членами (уровнями мощности), а именно: 5; 6; 7; 8; 10; 12; 14; 17; 20; 24; 29; 35; 41; 49; 59; 70; 83; 99; 119; 141; 169; 201; 240; 286; 341 и 406 кВт; уровнем универсальности, который предусматривает пять базовых уровней расположенных в геометрической прогрессии со знаменателем $g_{у\kappa} = 1,778$, а именно: 0,10; 0,18; 0,32; 0,56; 1,00 и девять, расположенных по правилам арифметической прогрессии с разностью $d = 0,10$ промежуточных уровней универсальности, а именно: 0,10; 0,20; 0,30; 0,40; 0,50; 0,60; 0,70; 0,80 и 0,90. Дополнение обоснованного типоразмерного ряда МЭС сельскохозяйственного назначения может осуществляться путем введения дополнительных классов по номинальному тяговому усилию, мощности установленного двигателя и уровню универсальности, при условии создания достаточного научного, и в первую очередь, экономического обоснования, что может составить направления даль-

нейших научных исследований по данному вопросу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Szeptycki A. 2003: Prognoza wyposazenia polskiego rolnictwa w ciągniki, kombajny i samochody / A. Szeptycki, Z. Wójcicki // Motrol. Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – Т. 5. – Lublin. – 184 - 191.
2. Shkarivskiy G. 2007: Prospects of agregating self-propelled chassis // G. Shkarivskiy, S. Pogorilyy // Motrol. Motoryzacja i energetyka rolnictwa. – Т. 9А. – Lublin. – 194 - 201.
3. Tipovaya 1976: Tipovaya metodika optimizatsii odnomernogo parametricheskogo (tiporazmernogo) ryada / Nauch. rukovodit. Tkachenko V.V. – М.: Izd-vo standartov, – 64.
4. Trepenenkov I.I. 1963: Ekspluatatsionnyye pokazateli selskokhozyaystvennykh traktorov / I.I. Trepenenkov. – М.: Metallurgizdat. – 271.
5. Fogel A.A. 1991: Tiporazmernyy ryad moshchnykh promyshlennykh traktorov / A.A. Fogel, V.S. Zakharov // Traktory i selskokhozyaystvenny mashiny, № 3. – 9-11.
6. Ksenevich I.P. 1990: Ratsionalnyy tiporazmernyy ryad perspektivnykh selskokhozyaystvennykh traktorov / I.P. Ksenevich, M.I. Lyasko, V.N. Minizon, A.P. Parfenov // Traktory i selskokhozyaystvenny mashiny, № 11. – 4-7.
7. Antyshev N.M. 1993: Prognoz potrebnosti i neobkhodimost struktury traktornogo parka / N.M. Antyshev // Traktory i selskokhozyaystvenny mashiny, № 8. – 1-6.
8. Samsonov V.A. 1998: Obosnovaniye tiporazmernogo ryada traktorov s adaptiruyemyy parametrami / V.A. Samsonov, A.A. Zangiyev // Tekhnika v selskom khozyaystve. № 4. – 24-28.
9. Zangiyev A.A. 1999: Obosnovaniye parametrov Semeystvo mobilnykh energeticheskoy platezhi odnogo tyagovogo klassa / A.A. Zangiyev, N.I. Bychkov // Tekhnika v selskom khozyaystve. – № 3. – 3-5.
10. Rossiyskiy 2004: Rossiyskiy traktor: realnost i perspektivy. Po materialam press-sluzhby OAO «Agromashkholding» // Traktory i selskokhozyaystvenny mashiny. № 5. – 2-9.
11. Butova P. 2001: Klassifikatsiya energosredstv po tekhniko-ekonomicheskogo parametrov / P. Butova, P. Nazarov, A. Zatsarin-nyy // Mekhanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. № 7. – 6-8.
12. Shkarivskiy G.V. 2005: Obruntovannya rivniv potuzhnosti dviguniv mobilnykh yenergetichnykh zasobiv / G.V. Shkarivskiy, S.P. Pozhidaev // Naukovo-teoretichnyy zhurnal Ukrainskoi akademii agrarnykh nauk “Visnik agrarnoi nauki”. – №9. – 48-51.
13. Shkarivskiy G.V. 2006: Obruntovannya rivniv potuzhnosti dviguniv mobilnykh yenergetichnykh zasobiv silskogospodarskogo pryznachennya isnuyuchykh tyagovykh klasiv / G.V. Shkarivskiy // Mizhvidomchiy tematchniy naukoviy zbirnik “Mekhanizatsiya ta yelektrifikatsiya silskogo gospodarstva”. Vipusk 90. – Glevakha, NNTs “IMESG”. – 98-107.
14. Shkarivskiy G.V. 2010: Obruntovannya pereliku golovnykh parametrov tiporazmernogo ryadu mobilnykh yenergetichnykh zasobiv / G.V. Shkarivskiy // Visnik Kharkivskogo natsionalnogo tekhnichnogo universitetu silskogo gospodarstva im. Petra Vasilenka. – Kharkiv: FOP Chernyak V.E. – Vip. 93. – Т.1. – 302-309.
15. GOST: GOST 27021-86 (ST SEV628-85). Traktory selskokhozyaystvennyye i lesokhozyaystvennyye. Tyagovyye klassy.
16. Maslo I.P. 1991: Vdoskonalennya yekspluatatsii mashinno-traktornogo parku / I.P. Maslo, M.I. Gritishin, M.F. Tereshchuk ta in. – K.: Urozhay. – 176.
17. Fere N.E. 1971: Posobiye po ekspluatatsii mashinno-traktornogo parka / N.E. Fere i dr. – М.: Kolos. – 254.
18. Makovetskiy O.A. 1991: Mekhanizatsiya proizvodstva sakharnoy svekly / O.A. Makovetskiy, V.V. Brey, L.V. Pogorelyy, V.P. Leshinskiy: Pod red. L.V. Pogorelogo. – 2-e izd. pererab. i dop. – K.: Urozhay. – 184.
19. Beylis V.M. Yermolayeva N.A., Kulikova N.A. 1988: Normativnaya prodolzhitelnost mekhanizirovannykh polevykh selskokhozyaystvennykh rabot / V.M. Beylis, N.A. Yermolayeva, N.A. Kulikova i dr. – М.: VIM. – 12.
20. Shkarivskiy G.V. 2004: Doslidzhennya vplivu zagalnoi konstruktsii MEZ na pokazniki universalnosti pri stvorenni mashinno-traktornykh agregativ / G.V. Shkarivskiy // Mizhvidomchiy tematchniy naukoviy zbirnik “Mekhanizatsiya ta yelektrifikatsiya silskogo gospodarstva”. Vipusk 88. – Glevakha, NNTs “IMESG”. – 70-77.

21. Shkarivskiy G.V. 2004: Doslidzhennya pokaznikiv universalnosti traktoriv, zaynyatikh u vikonanni osnovnikh tekhnologichnikh protsesiv / G.V. Shkarivskiy, S.P. Pogoriliy, A.S. Kokhno // Mizhvidomchiy tematichniy naukoviy zbirnik "Mekhanizatsiya ta yelektrifikatsiya silskogo gospodarstva". Vipusk 88. – Glevakha, NNTs "IMESG". – 78-85.
22. Tekhnologichni 2004: Tekhnologichni karti ta vitrati na viroshchuvannya silskogospodarskikh kultur / za red. P.T. Sabluka, D.I. Mazorenka, G.E. Maznyeva. – Kharkiv: KhNTUSG. – 307.

PERSPECTIVE STANDARD SERIES OF AGRICULTURAL TRACTORS

Summary. The results of studies on rationale for prospective multivariate standard series of mobile power for agricultural purposes, the main parameters which have nominal traction, installed power and versatility.

Key words: mobile power tool, standard series, main parameter, nominal traction, installed power, versatility.