

05.20.00 ПРОЦЕССЫ И МАШИНЫ АГРОИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ

УДК 631.371

DOI 10.18286/1816-4501-2016-4-144-151

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ЭНЕРГО-, РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ

Денцов Михаил Николаевич, кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Механизация животноводства и электрификация сельского хозяйства»

Горбунов Борис Иванович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Механизация животноводства и электрификация сельского хозяйства»

Тюльнев Александр Владимирович, аспирант кафедры «Механизация животноводства и электрификация сельского хозяйства»

ФГБОУ ВО Нижегородская ГСХА

603107, г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, 97, e-mail: maikl71988@mail.ru; тел. 8-950-615-81-26

Ключевые слова: механизация сельского хозяйства, энергия, условия сезона, эксплуатация ресурсов, сахарная свекла.

Представлена модель расчета оптимальных энергетических затрат в технологических линиях уборки сахарной свеклы. Для складывающихся условий сезона рассчитаны рациональные темпы работ и оптимальный состав технических средств. Определена величина снижения энергетических затрат при уборке в зависимости от условий сезона и уровней эксплуатации техники.

Введение

В современных условиях при возделывании энергоёмких сельскохозяйственных культур стало обязательным использовать интенсивные и энерго-, ресурсосберегающие технологии. Уровень интенсификации и энергосбережения определяется биологическими особенностями каждой культуры.

Рост энергетической эффективности связан не только с применением технологий, позволяющих увеличивать объёмы производства основной продукции, но и с сокращением затрат техногенной энергии,

при оптимальном формировании состава энергосредств и рациональном их использовании, которое возможно только при учёте особенностей условий сезона в зоне возделывания конкретной культуры.

При возделывании любой сельскохозяйственной культуры самые большие энергозатраты приходятся на уборку. Например, для сахарной свеклы уборочно-погрузочно-транспортные работы в совокупности составляют 65...69 % от всех энергозатрат [1]. Поэтому цель работы - оптимальное формирование и распределение энергетических

ресурсов в технологической линии уборки сахарной свеклы в зависимости от складывающихся условий.

Объекты и методы исследований

Экспериментальные исследования проводились в ООО «Агрофирма «Золотой Колос», расположенном в Сергачском районе Нижегородской области, на уборочных работах, погрузке и транспортировке свеклы в 2011...2015 годах. В период исследований на механизированных работах регистрировались природные, технические, технологические, энергетические и временные параметры.

С учетом требований ГОСТ Р 52778-2007 [2] в качестве основных методов были выбраны: хронометраж и самофотография рабочего дня [3].

Время смены $T_{см}$ машинно-тракторных агрегатов (МТА) содержит следующие составляющие, ч [3]:

$$T_{см} = T_p + T_x + T_{мех} + T_{мо} + T_{пз} + T_{пр}, \quad (1)$$

где T_p , T_x - время чистой работы МТА и на холостые повороты соответственно, ч; $T_{мех}$, $T_{мо}$ - время, необходимое для проведения технологического и технического обслуживания, ч; $T_{пз}$ - время на подготовительно-заключительные операции, ч; $T_{пр}$ - время возможных простоев МТА, ч.

В балансе времени смены наряду с общим анализом структуры затрат времени особое внимание уделяли учёту простоев по техническим, технологическим, организационным и метеорологическим причинам.

В качестве основных параметров, характеризующих затраты времени в течение смены, были приняты следующие [3]:

коэффициент использования времени смены:

$$K_{см} = T_p / T_{см}, \quad (2)$$

коэффициент готовности МТА:

$$K_z = T_n / (T_n + T_в), \quad (3)$$

коэффициент организации выполнения технологических процессов:

$$K_{орг} = (T_{см} - T_{орг}) / T_{см}. \quad (4)$$

где T_n - время наработку на отказ, ч; $T_в$ - время на устранение неисправностей, ч; $T_{орг}$ - время простоев МТА по организационным причинам, ч.

С помощью данных коэффициентов учитывали влияние технических и организационных условий на параметры использования техногенных ресурсов при уборке сахарной свеклы. Влияние метеорологических условий на параметры использования техники при уборке учитывали с помощью коэффициента учёта влияния метеорологических условий за период выполнения механизированной работы [4]:

$$K_m = \frac{D_k(O > O_д \vee \beta > \beta_д \vee C_n \leq C \leq C_в)}{D_k}, \quad (5)$$

где D_k - количество календарных дней, дни; O , $O_д$ - фактическое и допустимое количество осадков, мм; β , $\beta_д$ - фактическая и допустимая влажность почвы соответственно, %; C - фактическая среднесуточная температура, °С; C_n , $C_в$ - соответственно нижняя и верхняя допустимые температурные границы, °С; \vee - знак логического сложения, означающий вычет из календарных дней неблагоприятных, когда рассматриваемые параметры выходят за пределы допустимых.

Для совокупной оценки, характеризующей природно-климатический комплекс и неопределенность внутренней структуры производственной системы, введём коэффициент природно-производственных условий:

$$K_{пв} = K_z \cdot K_{орг} \cdot K_m, \quad (6)$$

Коэффициент $K_{пв}$ примем также за параметр, характеризующий уровень эксплуатации (УЭ) технических средств. Низкому УЭ техники будет соответствовать произведение коэффициентов K_z , $K_{орг}$, K_m при минимальных уровнях варьирования, высокому - соответственно их произведение при максимальных уровнях варьирования.

В качестве энергетического параметра примем общие затраты энергии, МДж, средств механизации за период выполнения работы:

$$E_{общ} = \sum (E_i^z \cdot n_i^z \cdot \Delta t_z \cdot T_{см} \cdot K_{см} \cdot K_{пв}), \quad (7)$$

где E_i^z - энергозатраты МТА i -ого вида, МДж/ч; n_i^z - количество МТА i -ого вида, необходимых для поддержания темпа работ на z -ой механизированной работе, ед.; Δt_z - оптимальная продолжительность выполнения z -ой механизированной работы, дикту-

емая складывающимися условиями сезона, дни.

Количество комбайнов i -ого вида, необходимых для поддержания темпа работ на уборке, диктуемого складывающимися условиями сезона:

$$n_i^y = \Theta_z / (W_{cm}^i \cdot K_{cm} \cdot K_{ny}^k), \quad (8)$$

где Θ_z - темп уборочных работ, диктуемый складывающимися условиями сезона, га/см; W_{cm}^i - сменная производительность i -ого комбайна, га/см; K_{ny}^k - коэффициент природно-производственных условий, учитывающий работу комбайнов.

Требуемое количество транспортных средств i -ого вида для транспортировки сахарной свеклы от полевых буртов на завод:

$$n_i^m = n_i^y \cdot W_y^i \cdot t_u \cdot Y / (\Gamma_m \cdot K_m), \quad (9)$$

где W_y^i - часовая производительность i -ого комбайна, га/ч; t_u - продолжительность цикла транспортного средства, ч; Y - урожайность сахарной свеклы, т/га; Γ_m - грузоподъемность транспортного средства, т; K_m - коэффициент использования грузоподъемности для свеклы.

Требуемое количество агрегатов i -ого вида, задействованных во вспомогательных технологических звеньях поточной линии уборки:

$$n_i^{ec} = n_i^y \cdot W_{cm}^i \cdot K_{cm} \cdot K_{ny} / (W_{cm}^{eci} \cdot K_{cm}^{ec} \cdot K_{ny}^{ec}), \quad (10)$$

где W_{cm}^{eci} - сменная производительность вспомогательного агрегата i -ого вида, га/см; K_{ny} - коэффициент влияния природно-производственных условий на работу вспомогательных агрегатов i -ого вида; K_{cm}^{ec} - коэффициент использования времени смены вспомогательных агрегатов i -ого вида.

Для оптимизации энергетических затрат МТА [5] разработана функция (11), в которой критерием оптимизации служит минимум энергозатрат, МДж/ч:

$$E_u^i = G_j \cdot \alpha_j \cdot W_y^i + N_o \cdot e_o + N_g \cdot e_g + M_m^i \cdot e_m \cdot H \rightarrow \min, \quad (11)$$

где α_j - энергосодержание j -ого вида энергоносителя, МДж/кг; e_o, e_g - энергетические эквиваленты затрат труда основных и вспомогательных рабочих соответственно, МДж/(чел.-ч); e_m - энергетический эквивалент технического средства, МДж/кг [6]; H -

нормативный коэффициент эффективности косвенной энергии, вложенной в производство технического средства [5]; W_y^i - часовая производительность МТА i -ого вида, га/ч; G_j - расход j -ого вида энергоносителя, кг/га; N_o, N_g - число основных и вспомогательных рабочих соответственно, чел; M_m^i - масса МТА i -ого вида, кг.

Согласно выражению 9 выбирали агрегаты, являющиеся наименее энергоёмкими для проведения механизированных работ. Анализировали работу следующих агрегатов, сформированных по энергетическим параметрам: двухфазный способ уборки (вариант 1): МТЗ-82+БМ-6, МТЗ-82+ОГД-6А, корнеуборочная машина КС-6Б, МТЗ-82+2ПТС-4; двухфазный способ уборки (вар. 2): МТЗ-82+ботвоуборочная машина WIC, МТЗ-1221+копатель WIC, МТЗ-82+ 2ПТС-4; однофазный способ уборки: Ropa EuroTiger V8-3, Franz Kleine SF-20, Franz Kleine SF-10, «AGRIFAK» WKM-9000, «Matrot» M41; погрузка: Ropa EuroMaus 3, МТЗ-82+СПС-4,2, Franz Kleine RL 200 SF, Holmer Terra Felis 2; транспортировка: КамаА3-65111, КамаА3-65111+прицеп СЗАП-8551-02, КамаА3-6520-029, КамаА3-55102+прицеп КГБ-8551, КамаА3-53212+прицеп КГБ-8551.

При экспериментальных исследованиях и расчетах были приняты следующие условия и исходные данные: $H = 0,15$; $\alpha_j = 42,7$ МДж/кг; $e_o = e_g = 1,26$ МДж/(чел.-ч); $e_m = 120$ МДж/кг – для энергосредства, $e_m = 104$ МДж/кг – для сельскохозяйственной машины; $K_m = 1$; расчётная площадь уборки $S = 8000$ га, типы почвы (темно-серые и серые лесные); состояние почвы по влажности (переувлажненное, мягко-пластичное, сухое); биологическая урожайность корнеплодов 24...33 т/га.

Для определения особенностей функционирования технологических линий уборки и интенсивности развития растений была проведена паспортизация сезонов, предусматривающая дифференциацию природно-климатических условий сезона на основе комплексного учёта факторов тепло- и влагообеспеченности. Выделенное факторное пространство по температурным и влажностным параметрам разбито нами на 6

Матрица формирования природно-климатических условий сезона

Показатель		Условия по теплообеспеченности		
		теплые	умеренные (средние)	холодные
Условия по влагообеспеченности	влажные	1) $t_i > t_{1'};$ $oc_i > oc_1$	4) $t_2 \leq t_i \leq t_{1'};$ $oc_i > oc_1$	7) $t_i < t_{2'};$ $oc_i > oc_1$
	умеренно-влажные	2) $t_i > t_{1'};$ $oc_2 \leq oc_i \leq oc_1$	5) $t_2 \leq t_i \leq t_{1'};$ $oc_2 \leq oc_i \leq oc_1$	8) $t_i < t_{2'};$ $oc_2 \leq oc_i \leq oc_1$
	сухие	3) $t_i > t_{1'};$ $oc_i < oc_2$	6) $t_2 \leq t_i \leq t_{1'};$ $oc_i < oc_2$	9) $t_i < t_{2'};$ $oc_i < oc_2$

где t_i - текущее значение суммы среднесуточных температур, °С; $t_{1'}$, $t_{2'}$ - соответственно верхняя и нижняя границы суммы температур для умеренного (среднего) класса, °С; oc_i - текущее значение суммы осадков, мм; $oc_{1'}$, oc_2 - соответственно верхняя и нижняя границы суммы осадков для умеренно-влажного класса, мм.

классов, которые в совокупности формируют 9 типов сезонов, отличающихся между собой по показателям тепло- и влагообеспеченности (табл. 1). Будем считать, что природно-климатические условия за рассматриваемый период относятся к одному из 9 типов сезонов.

Результаты исследований

Главная цель производства сахарной свеклы - получение максимального выхода сахара с единицы площади при наименьших затратах. Поэтому в период уборки необходимо учитывать как урожайность, так и сахаристость корнеплодов.

Сахарная свекла набирает в массе и сахаре вплоть до момента уборки, поэтому осенью при установлении теплой и сухой погоды корнеплоды дополнительно накапливают биомассу и сахар. Учитывая этот фактор, при достаточном количестве уборочной техники, в теплый сезон целесообразнее переносить основную часть уборки на более поздние сроки. В холодный сезон, когда дополнительный прирост массы и сахара практически отсутствует, уборку необходимо проводить в оптимально сжатые сроки для избежания потерь урожая. В итоге темпы уборочных работ в холодный сезон будут выше, чем в теплый:

$$\Theta_x > \Theta_{ум} > \Theta_t,$$

где Θ_{δ} , Θ_{δ} , Θ_{δ} - необходимые темпы выполнения уборочной работы соответственно в холодный, средний и теплый сезоны, га/см.

Необходимо учитывать, что различные гибриды сахарной свеклы имеют разные сроки наступления физической спелости. Сахаристые гибриды имеют ранние сроки созревания, в отличие от нормальных и урожайных, которые созревают поздней осенью [7]. Но сахаристые гибриды не могут храниться долгое время, они быстро теряют в массе, сахаристости и загнивают [8]. Поэтому при достаточном количестве уборочных и транспортных машин предпочтительней увеличивать площади, занятые урожайными гибридами, и сокращать площади с сахаристыми, а при недостатке техники – наоборот, чтобы перенести часть уборочных работ на начало осени и растянуть уборочный период.

Для агрофирмы «Золотой колос» можно принять следующее соотношение в распределении гибридов: 20...30 % площадей засеивать семенами сахаристого направления, остальные 70...80 % – нормальными или урожайными гибридами. Темпы уборочных работ должны быть такими, чтобы выкопать и вывезти свеклу на завод до наступления устойчивых заморозков и температуры воздуха ниже минус 5 °С [7, 8].

При выборе технологии уборки необходимо учитывать, что при небольшом радиусе доставки корнеплодов на сахарный завод рациональнее использовать точную технологию уборки, при радиусе доставки свеклы свыше 20 км – перева-

Таблица 2

Эксплуатационно-технологическая оценка функционирования техники

Операция	$K_{см}$	Коэффициент готовности			Коэффициент организации			Коэффициент учёта метеорологических условий			Уровень эксплуатации техники	
		min	среднее	max	min	среднее	max	min	среднее	max	низкий	высокий
Уборка	0,64±0,05	0,77	0,82±0,04	0,87	0,79	0,85±0,03	0,90	0,81	0,85±0,02	0,90	0,49	0,71
Погрузка и транспортировка	0,62±0,07	0,84	0,90±0,02	0,95	0,70	0,78±0,04	0,85	0,76	0,80±0,03	0,84	0,48	0,73

лочную [9]. На основании анализа данных агрофирмы среднее значение расстояния транспортировки свеклы на завод составило $27,2 \pm 1,7$ км, поэтому выбираем перевалочную технологию уборки.

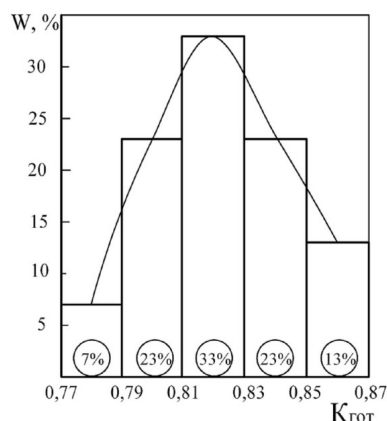
При выборе способа уборки, на основании проведённых ранее исследований [10], предпочтение отдаём однофазному способу, имеющему наибольшую производительность и меньшие энергозатраты по сравнению с двухфазным. Соотношение между этими двумя способами определяется многолетними наблюдениями погодных условий в период уборки и для Нижегородской области оно в комбайнах составило 20:80 (двухфазный: однофазный).

Проведённые экспериментальные исследования позволили установить параметры, характеризующие УЭ техники на уборочных работах в условиях Нижегородской области (табл. 2).

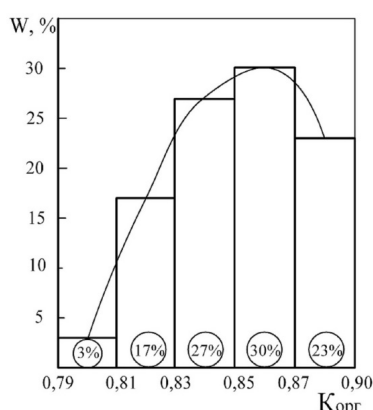
В результате математической обработки многолетних данных (1990...2014 г.г.) по влиянию метеорологических условий на ход уборочных работ были получены пределы варьирования коэффициента учёта влияния метеорологических условий: $K_m = 0,81 \dots 0,9$, со средним значением - 0,85. Среднее значение коэффициента организации на уборочных работах достаточно высокое $0,85 \pm 0,03$, а вот на погрузке и транспортировке свеклы на завод он составил $0,78 \pm 0,04$. Прежде всего, это связано с нарушением поточности транспортных средств, вызванным плохим состоянием полевых дорог в осенний период, а также большим расстоянием от завода до полей.

Распределения частот коэффициентов готовности и организации свеклоуборочного комбайна Rora Euro Tiger V8-3 представлены на рисунке 1.

Коэффициенту готовности ниже 0,79 соответствует 7 % случаев, выше 0,85 – 13 % случаев. В 33 % случаев коэффициент готовности изменяется от 0,81 до 0,83. В 53 % случаев коэффициент организации выше 0,85 и только в 3 % случаев - ниже 0,81. Это свидетельствует о необходимости повышения уровня технической готовности комбайнов.



а



б

Рис. 1 - Распределение частот коэффициентов готовности (а) и организации (б) свеклоуборочного комбайна Rora Euro Tiger V8-3

Таблица 3

Состав МТА при различных условиях проведения уборочных работ

Уборка	Технологическая операция	Марочный состав технических ресурсов	Потребность в технических ресурсах, ед.									
			Сезон									
			Теплый сухой		Теплый умеренно-влажный		Средний умеренно-влажный		Холодный умеренно-влажный		Холодный влажный	
			Уровень эксплуатации техники									
			Низ.	Выс.	Низ.	Выс.	Низ.	Выс.	Низ.	Выс.	Низ.	Выс.
однофазная	Holmer Terra Dos T3	12	8	11	8	14	10	19	14	21	15	
двухфазная	МТЗ-82 + ботвоуборочная машина WIC	2	2	2	2	3	2	4	3	4	3	
	МТЗ-1221+ копатель WIC	3	2	3	2	4	3	5	3	5	3	
	МТЗ-82 + 2ПТС-4	12	8	11	8	10	7	12	8	13	9	
Погрузка	Franz Kleine RL-200 SF	2	1	2	1	2	2	3	2	3	2	
Транспортировка	КамАЗ - 6520-029	29	19	27	18	32	21	39	35	43	38	

Согласно функции 9 рассчитали энергетические затраты для каждого МТА. Проведённая эксплуатационно-технологическая оценка позволила определить необходимое количество энергоресурсов (табл. 3).

Расчёты показали высокую степень варьирования требуемого количества МТА в зависимости от условий сезона. Например, комбайнов Holmer Terra Dos T3 требуется от 8 ед. в сезон с теплыми умеренно-влажными условиями при высоком УЭ до 21 ед. в сезон с холодными влажными условиями при низком УЭ (табл. 3). Потребность в транспортных средствах для перевозки свеклы на завод изменяется от 18 ед. в теплый умеренно-влажный сезон уборки при высоком УЭ до 43 единиц в холодный влажный сезон уборки при низком УЭ.

Для расчета энергетического эффекта, полученного от оптимизации технических ресурсов, сравним базовый и оптимальный составы технологических линий уборки с учётом того, что темпы работ оптимизированы для каждого варианта

(табл. 4).

На уборочных работах с совместным применением однофазного и двухфазного способов уборки (80 : 20) при использовании оптимального состава средств механизации энергозатраты снижаются от 171 МДж/га для высокого УЭ до 513 МДж/га для низкого УЭ. На погрузочно-транспортных работах при использовании оптимального состава средств механизации происходит снижение энергозатрат до 644 МДж/га при высоком УЭ и до 978 МДж/га при низком УЭ. Следовательно, общие энергозатраты на средства механизации на 1 га для среднего умеренно-влажного сезона от использования оптимального состава технологической линии уборки снижаются на 7,4...9,5 %. В целом, в зависимости от типа сезона происходит снижение энергетических затрат на 6,6...11,2 %.

Проведенные исследования позволили установить зависимость изменения оптимальных энергозатрат от биологической урожайности сахарной свеклы при различ-

Таблица 4

Эффективность использования оптимизированных технологических линий уборки сахарной свеклы (расчет для среднего по теплообеспеченности и умеренно-влажного сезона, урожайность 31 т/га)

Операция	Базовый состав			Оптимальный состав			Энергетический эффект, МДж/га						
	МТА, входящие в состав звена	Количество МТА, шт		МТА, входящие в состав звена	Количество МТА, шт		Снижение энергозатрат на средства механизации, МДж/га			Уровень эксплуатации техники (Низкий – Низ.; Высокий – Выс.)			
		УЭ техники			УЭ техники		прямые	косвенные	общие				
		Низ.	Выс.	Низ.	Выс.	Низ.	Выс.	Низ.	Выс.	Низ.	Выс.	Низ.	Выс.
Уборка сахарной свеклы													
Однофазная	Ropa EuroTiger V8-3	15	10	Holmer Terra Dos T3	14	10							
Двухфазная				МТЗ-82+ ботвоуборочная машина WIC	3	2	-376	-141	-137	-30	-513	-171	
				МТЗ-1221+ копатель WIC	4	3							
				МТЗ - 82+2ПТС-4	10	7							
Погрузка свеклы	Ropa Euro Maus-3	2	2	Franz Kleine RL-200 SF	2	2	-59	-39	-35	-22	-94	-61	
Транспортировка	КамаАЗ - 65111	37	25	КамаАЗ - 6520-029	32	21	-675	-445	-209	-138	-884	-583	
Снижение энергозатрат при уборке, МДж/га							-1110	-625	-381	-190	-1491	-815	
Общие энергозатраты при возделывании свеклы, МДж/га							15641	11013				9,5%	7,4%

ных УЭ техники (рис. 2).

Рисунок 2 показывает, что с повышением биологической урожайности сахарной свеклы увеличиваются общие энергозатраты на уборочно-транспортные работы на 1 га. Так, при урожайности 24 т/га на уборку требуется 9680 МДж/га и 6585 МДж/га энергозатрат соответственно для низкого и высокого УЭ техники. При урожайности 33 т/га затраты энергии увеличиваются до 11705 МДж/га и 7930 МДж/га соответственно. Также с увеличением биологической урожайности свеклы уменьшаются общие энергозатраты на производство 1 т корне-

плодов. Например, при урожайности 24 т/га общие энергозатраты составили 400 МДж/т и 270 МДж/т соответственно для низкого и высокого УЭ. При урожайности 33 т/га затраты энергии уменьшились до 350 МДж/т и 240 МДж/т соответственно.

Выводы

Проведенная эксплуатационно-технологическая оценка позволила установить УЭ технических средств для оптимизации состава техники, занятой на уборочных работах. Оптимизация состава машин для проведения уборочных работ позволила снизить общие энергозатраты на 1 га для среднего

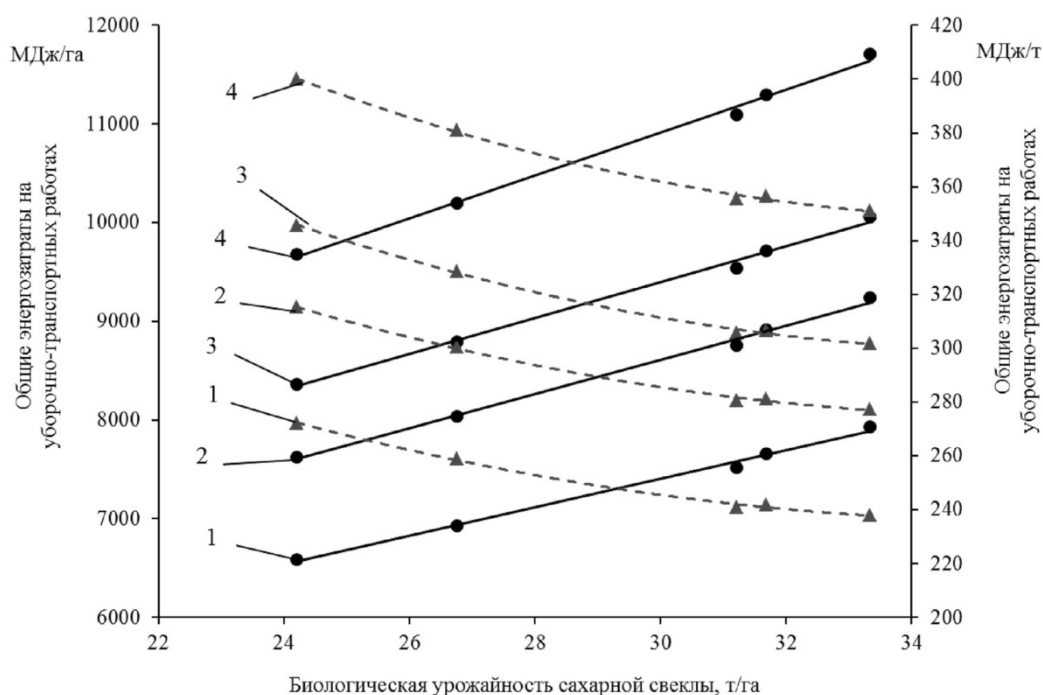


Рис. 2 - Зависимость общих энергозатрат на уборочно-транспортных работах от урожайности сахарной свеклы [УЭ техники ($K_{пу}$): 1 - высокий (0,692); 2 – средний (0,596); 3 - средний (0,545); 4 - низкий (0,470)]; пунктирной линией обозначены энергозатраты МДж/т; сплошной - энергозатраты МДж/га

умеренно-влажного сезона на 7,4...9,5 %.

При увеличении биологической урожайности свеклы с 24 т/га до 33 т/га общие энергозатраты на производство 1 т корнеплодов уменьшаются с 400 МДж/т для низкого и 270 МДж/т для высокого УЭ до 350 МДж/т и 240 МДж/т соответственно.

Библиографический список

1. Аничин, В.Л. Теория и практика управления производственными ресурсами в свеклосахарном подкомплексе АПК / В.Л. Аничин. - Белгород: БелГСХА, 2005. – 280 с.
2. ГОСТ 52778 – 2007. Методы эксплуатационно-технологической оценки: испытания сельскохозяйственной техники. - М.: Изд-во стандартов, 2008. - 25 с.
3. Иофинов, С.А. Эксплуатация машинно-тракторного парка / С.А. Иофинов. - М.: Колос, 1984. - 351 с.
4. Методы повышения эффективности механизированных процессов по условиям их функционирования в растениеводстве / А.Н. Важенин [и др.]. - М.: Академия Естествознания, 2010. – 365 с.
5. ГОСТ Р 51750-2001. Энергосбереже-

ние. Методика определения энергоёмкости при производстве продукции и оказании услуг в технических энергетических системах. - М.: Изд-во стандартов, 2002. - 24 с.

6. Методология и методика энергетической оценки агротехнологий в агроландшафтах. – Москва: МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. - 21 с.

7. Вострухин, Н.П. Сахарная свекла / Н.П. Вострухин // Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию, Опытная научная станция по сахарной свекле. – Минск: Минская фабрика цветной печати, 2011. – 366 с.

8. Шпаар, Д. Сахарная свекла: Учебно-практическое руководство по выращиванию сахарной свеклы / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко. - Мн.: «ФУА информ», 2004. - 256 с.

9. Овсянников, В.П. Свекловодство / В.П. Овсянников, Ю.С. Колягин, В.М. Воронин. – Воронеж, 2000. – 220 с.

10. Денцов, М.Н. Эксплуатационно-технологическая оценка средств механизации уборки сахарной свеклы / М.Н. Денцов // Сахарная свекла. - 2014. - № 4. - С.41-42.