

ПАРАМЕТРЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО СРЕДСТВА ДЛЯ МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ВЫРАЩИВАНИЯ РАССАДЫ В ПАРНИКАХ

Виневский Е.И., д-р техн. наук, проф.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», Российская Федерация, г. Краснодар

Аннотация. Теоретически обоснована скорость движения мостового энергетического средства в парнике. Экспериментальными исследованиями установлено, что использование компоновочной схемы мостового энергетического средства со стабилизирующими колесами и с передними ведущими колесами при ассиметричной нагрузке в сравнении с использованием компоновочной схемы с задними ведущими колесами повышает скорость перемещения на 22...27 %.

Ключевые слова. Парник, мостовое энергетическое средство, скорость, стабилизирующие колеса.

THE PARAMETERS OF POWER TOOLS FOR THE MECHANIZATION OF PROCESS OF CULTIVATION OF TOBACCO SEEDLINGS IN GREENHOUSES

Vinevskii E.I., Dr. Sc. (Tech.), Prof.

FSBSI All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products, Russian Federation, Krasnodar

Abstract. Theoretically, the speed of the bridge energy means in the greenhouse is justified. Experimental studies have found that the use of the layout scheme of the bridge power means with stabilizing wheels and front drive wheels with asymmetric load in comparison with the use of a composite scheme with rear drive wheels increases the speed of movement by 22...27 %.

Keywords. Greenhouse, bridge energy means, speed, stabilizing wheels.

Одной из проблем механизации процессов выращивания рассады в защищенном грунте является обоснование выбора энергетического средства для агрегатирования со средствами механизации. При выборе и обосновании энергетического средства для агрегатирования со средствами механизации необходимо учитывать следующее: особенности условий его работы; возможность комплексной механизации и автоматизации при выращивании и выборке рассады; качество выполнения технологических операций; соблюдение санитарно-гигиенических условий труда; эффективное использование площадей пленочных сооружений; снижение энергетических затрат.

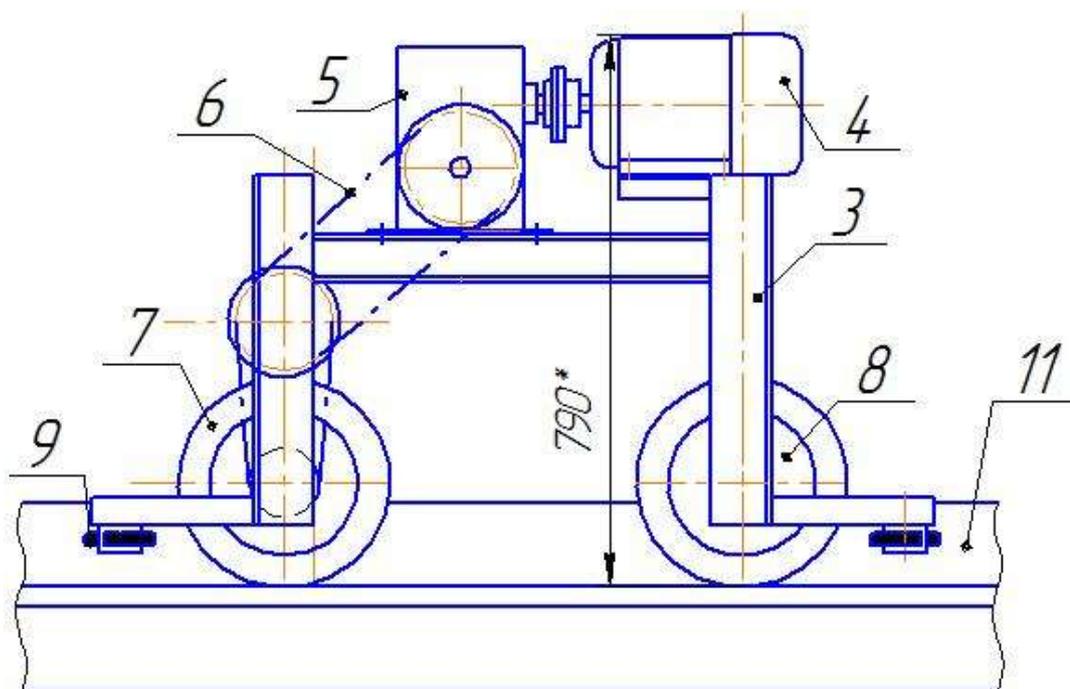
В пленочных сооружениях технологический микроклимат резко отличается от условий, благоприятных для работы человека. Так, если допустимая температура и влажность воздуха для растений соответственно равны 18-30 °С и 70-90 %, то для работы человека нужно, чтобы они находились в пределах 14-23 °С

и 30-60 %. Использование же тракторов и самоходных шасси с двигателем внутреннего сгорания связано с выделением в атмосферу токсичных для человека продуктов сгорания, что в условиях ограниченного объема рассадных сооружений еще в большей степени ухудшает условия труда [1].

Целью исследований является снижение эксплуатационных затрат при выращивании рассады табака в парниках.

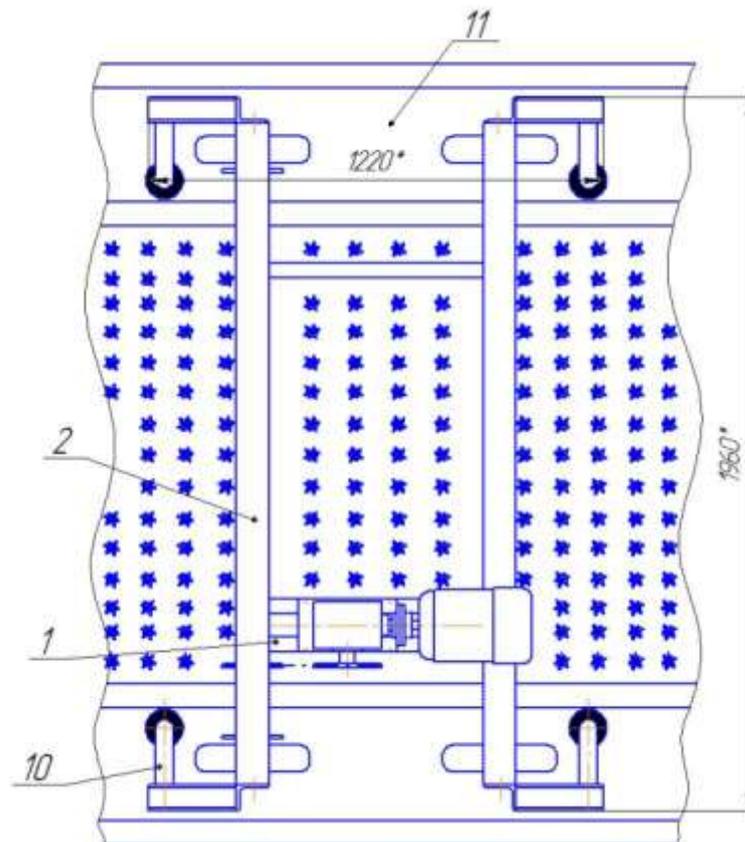
Сформулирована рабочая гипотеза, состоящая в том, что снижение эксплуатационных затрат при выращивании рассады табака в парниках возможно достигнуть за счет механизации этих процессов путем применения средств механизации, агрегируемых с электрифицированным мостовым энергетическим средством.

Для механизации процессов выращивания рассады в парниках разработана функциональная схема мостового энергетического средства со стабилизирующими колесами (рисунки 1, 2).



- 1 – продольная балка; 2 – поперечная балка; 3 – стойки; 4 – электродвигатель;
5 – червячный редуктор; 6 – цепная передача; 7 – приводные пневматические колеса;
8 – опорные пневматические колеса; 9 – стабилизирующие резиновые колеса;
10 – кронштейны; 11 – парник

Рисунок 1. Функциональная схема мостового энергетического средства
(вид сбоку)



- 1 – продольная балка; 2 – поперечная балка; 3 – стойки; 4 – электродвигатель;
 5 – червячный редуктор; 6 – цепная передача; 7 – приводные пневматические колеса;
 8 – опорные пневматические колеса; 9 – стабилизирующие резиновые колеса;
 10 – кронштейны; 11 – парник

Рисунок 2. Функциональная схема мостового энергетического средства
 (вид сверху)

Надежность работы мостового энергетического средства повышается расположением стабилизирующих колес симметрично спереди и сзади от приводных колес, универсальность в использовании достигается тем, что стабилизирующие колеса регулируются по наружному размеру парника.

При работе мостового энергетического средства вследствие расположения стабилизирующих колес спереди и сзади от приводных колес его перекося при асимметричном расположении рабочего органа ограничивается за счет центрации ходовой тележки стабилизирующими колесами относительно боковых поверхностей парника.

Обоснованы параметры составляющих тягового баланса мостового энергетического средства. Установлено следующее:

- при мощности электродвигателя $N_{эл} = 0,25 \text{ кВт}$ повышение скорости движения мостового энергетического средства $V_{МЭС}$ от 0,93 км/ч до 1,7 км/ч влечет за собой снижение тягового (крюкового) усилия $P_{кр}^i$ от 0,495 кН до 0,298 кН;

- при мощностях электродвигателя $N_{эл} = 0,5 \dots 1,5 \text{ кВт}$ изменение скорости движения мостового энергетического средства $V_{МЭС}$ не влечет за собой снижение тягового (крюкового) усилия $P_{кр}^i$.

При разработке потенциальной тяговой характеристики мостового энергетического средства учитывали скорости машин для выращивания рассады в парниках, определенных по результатам их испытаний (таблица 1) [2 - 7].

Таблица 1

Скорости машин для выращивания рассады в парниках

Наименование показателей	Наименование технологической операции			
	Механическая обработка почвы	Рядковый посев	Присыпка рассады	Выборка рассады
Скорость движения машины, км/ч	5,256	1,8	1,8	4,89

Определим скорость трактора V_{μ} , при которой достигается максимальное тяговое усилие (формула 1)

$$V_{\mu} = 3,6 \frac{N_e^H \eta_M}{G \lambda \mu} \quad (1)$$

$$V_{\mu} = 3,6 \frac{N_e^H \eta_M}{G \lambda \mu} = 3,6 \frac{1,5 \cdot 0,66}{1,2 \cdot 0,67 \cdot 0,8} = 3,6 \frac{0,99}{0,6432} = 5,541 \text{ км/ч}$$

Скорость V_{μ} является пограничной. При меньших скоростях будет недостаточное сцепление движителя трактора с почвой, при больших - достаточное.

Определим максимальное тяговое усилие трактора $P_{кр}^{max}$. Во всем диапазоне скоростей от V_{min}^p до V_{μ} тяговое усилие $P_{кр}^{max}$ будет постоянным и рассчитывается по формуле (2)

$$P_{кр}^{max} = G[\lambda \mu (1 - \delta_d) - (f \pm i/100)]. \quad (2)$$

где δ_d – допустимый коэффициент буксования движителя мостового энергетического средства; $\delta_d=0,16$;

μ – коэффициент сцепления движителя мостового энергетического средства с цементно - бетонным покрытием;

λ – доля эксплуатационного веса мостового энергетического средства, приходящаяся на движитель (для колесных тракторов с формулой 4К2 принимаем $\lambda =0,67$);

f – коэффициент сопротивления качению мостового энергетического средства на цементно - бетонном покрытии; $f=0,018$.

$$P_{кр}^{max} = 1,2[0,67 \cdot 0,80(1 - 0,16) - 0,018] = 0,518 \text{ кН.}$$

Рассчитаем оптимальную скорость мостового энергетического средства V_{opt}^p , при которой достигается максимальная тяговая мощность $N_{кр}^{max}$ по формуле (3).

$$V_{opt}^p = \sqrt{\frac{3,6 N_e^H \eta_M V_\mu \delta_d}{G(f \pm i/100)}} \quad (3)$$

где η_{np} - КПД электромеханического привода; $\eta_{np} = 0,66$.

$$V_{opt}^p = \sqrt{\frac{3,6 \cdot 1,5 \cdot 0,66 \cdot 5,541 \cdot 0,16}{1,2 \cdot 0,018}} = \sqrt{\frac{3,159}{0,0216}} = \sqrt{146,2824} = 12,09 \text{ км/ч}.$$

Так как расчетное значение скорости больше, чем V_μ , то принимаем

$$V_{opt} = V_{opt}^p = 12,09 \text{ км/ч}.$$

Определим значение коэффициента буксования δ_{opt} при оптимальной скорости V_{opt} по формуле (4)

$$\delta_{opt} = \frac{V_\mu}{V_{opt}} \delta_d. \quad (4)$$

$$\delta_{opt} = \frac{5,541}{12,09} 0,16 = 0,073$$

Определим максимальную тяговую мощность $N_{кр}^{max}$ по формуле (5)

$$N_{кр}^{max} = N_e^H \eta_M (1 - \delta_{opt}) - \frac{G V_{opt} (f \pm i/100)}{3,6}, \quad (5)$$

где δ_{opt} - коэффициент буксования при оптимальной скорости V_{opt}

$$N_{кр}^{max} = 1,5 \cdot 0,66 \cdot (1 - 0,073) - \frac{1,2 \cdot 12,09 \cdot 0,018}{3,6} = 0,845 \text{ кВт}.$$

Определим изменения тяговой мощности $N_{кр}^\mu$ в интервале скоростей от V_{min}^p до V_μ

$$N_{кр}^\mu = \frac{G(V_{min}^p \dots V_\mu)}{3,6} \left[\lambda \mu (1 - \delta_d) - \left(f \pm \frac{i}{100} \right) \right]. \quad (6)$$

Поскольку зависимость (6) прямолинейная, то достаточно рассчитать два значения $N_{кр}^\mu$ - при минимальной скорости V_{min}^p и при V_μ

$$N_{кр}^{min} = \frac{1,2 \cdot 1,5}{3,6} [0,67 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,16) - 0,018] = 0,5 \cdot 0,43224 = 0,21612 \text{ кВт}.$$

$$N_{кр}^{\mu} = \frac{1,2 \cdot 5,541}{3,6} [0,67 \cdot 0,8 \cdot (1 - 0,16) - 0,018] = 1,847 \cdot 0,43224 = 0,79834728 \text{ кВт.}$$

Определим изменения коэффициента буксования δ_i , тяговой мощности $N_{кр}^H$ и тягового усилия мостового энергетического средства $P_{кр}^H$ в интервале скоростей от V_{μ} до V_{max}^p

$$\delta_i = \frac{V_{\mu}}{V_{\mu} \dots V_{max}^p} \delta_d \quad (7)$$

$$N_{кр i}^H = N_e^H \eta_M (1 - \delta_i) - \frac{G(V_{\mu} \dots V_{max}^p)(f \pm i/100)}{3,6}; \quad (8)$$

$$P_{кр i}^H = \frac{3,6 N_e^H \eta_M (1 - \delta)}{V_{\mu} \dots V_{max}^p} - G(f \pm i/100), \quad (9)$$

Результаты расчетов сведем в таблицу 2.

Таблица 2

Параметры потенциальной тяговой характеристики мостового энергетического средства на цементно - бетонном покрытии

Изучаемая зона	Коэффициент буксования $\delta_{опт}$	Скорость мостового энергетического средства, км/ч	Тяговая мощность $N_{кр}^H$, кВт	Тяговое усилие $P_{кр}$, кН
Зона недостаточного сцепления	0,16	1,5	0,216	0,519
	0,16	5,541	0,798	0,519
Зона достаточного сцепления	0,073	12,09	0,845	0,252
	0,035	25	0,805	0,116

По результатам расчетов построена потенциальная тяговая характеристика мостового энергетического средства для рассматриваемых условий (рисунок 3).

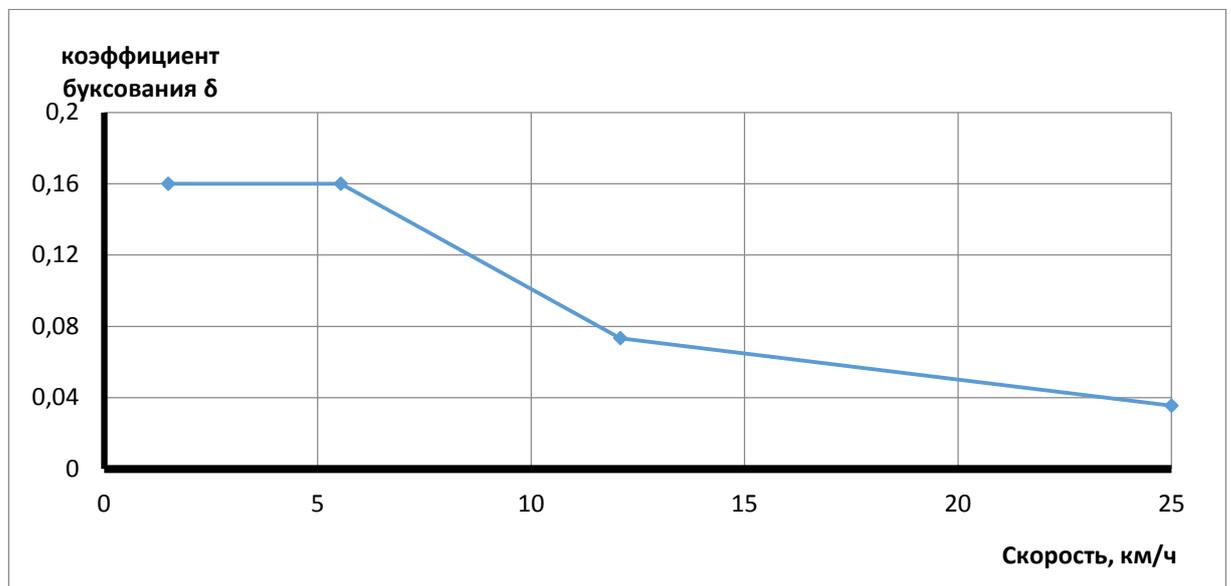
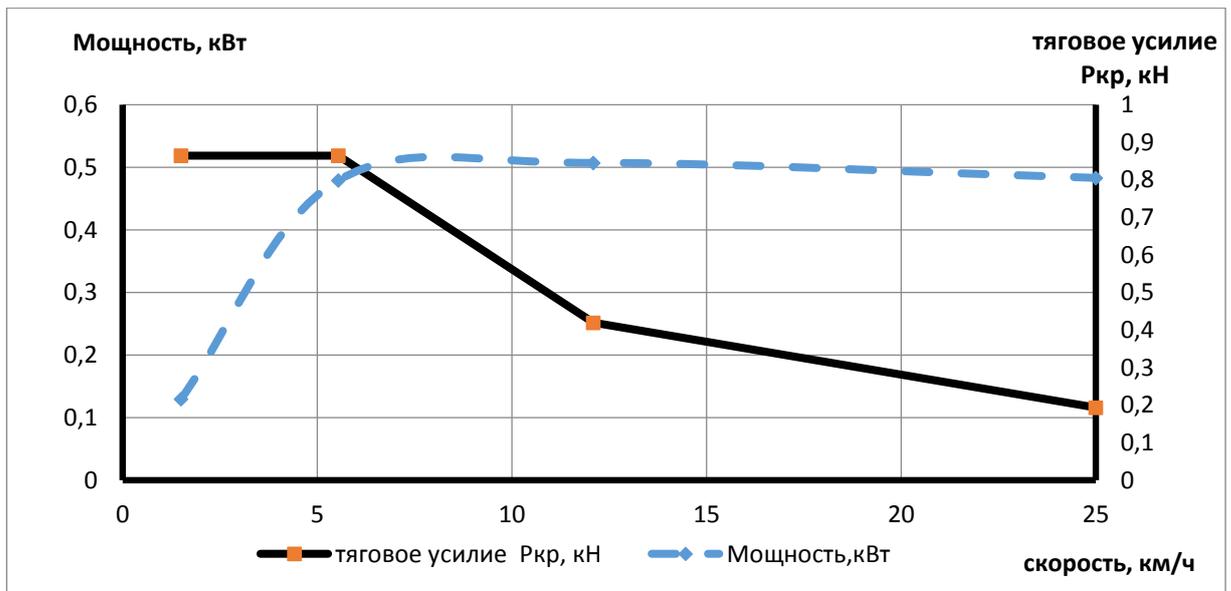


Рисунок 3. Потенциальная тяговая характеристика мостового энергетического средства на цементно-бетонном покрытии

Проведем анализ тяговых свойств мостового энергетического средства на цементно-бетонном покрытии.

При работе мостового энергетического средства для рассматриваемых условий скорость $V_{\mu} = 5,541$ км/ч является границей между зонами достаточного и недостаточного сцепления движителя с почвой. В интервале скоростей от 1,5 до 5,541 км/ч (зона недостаточного сцепления движителя с почвой) тяговое усилие ограничено сцепными свойствами мостового энергетического средства. Величина его тягового усилия в этом интервале скоростей постоянна и является максимальной $P_{кр}^{max} = 0,519$ кН.

При скорости $V_{опт} = 12,09$ км/ч достигается максимальная тяговая мощность $N_{кр}^{max} = 0,845$ кВт, определяющая максимальный (условный) КПД мостового энергетического средства (см. формулу 10).

$$\eta_{т.у} = \frac{N_{кр}^{max}}{N_e^H} \cdot \quad (10)$$

$$\eta_{т.у} = \frac{0,845}{1,5} = 0,563.$$

В зоне скоростей выше 5,41 км/ч (зона достаточного сцепления двигателя с почвой) значения $P_{кр}^H$ и δ уменьшаются по мере увеличения скорости движения агрегатов.

Проведены экспериментальные исследования по определению влияния применения стабилизирующих колес на равномерность движения мостового энергетического средства (рисунок 4).



Рисунок 4. Общий вид стабилизирующих колес мостового энергетического средства

Исследовано два варианта движения:

- перемещение без стабилизирующих колес с асимметричной нагрузкой на мостовое энергетическое средство;
- перемещение со стабилизирующими колесами с асимметричной нагрузкой.

Установлено, что отсутствие стабилизирующих колес при движении мостового энергетического средства с асимметричной нагрузкой приводило к нарушению процесса его движения из-за перекоса колес в железобетонном желобе.

При использовании стабилизирующих колес нарушения процесса движения мостового энергетического средства не происходило.

Проведены исследования двух компоновочных схем при двух видах распределения нагрузки (асимметричной и симметричной):

- с передними ведущими колесами;
- с задними ведущими колесами.

Результаты исследований представлены в таблице 3.

Таблица 3

Результаты экспериментальных исследований влияния компоновочных схем и распределения нагрузки на неравномерность перемещения мостового энергетического средства

Компоновочная схема	Распределение нагрузки	Скорость	
		м/с	км/ч
Задние колеса ведущие	асимметричное	0,433	1,56
Передние колеса ведущие	асимметричное	0,542	1,95
Задние колеса ведущие	симметричное	0,424	1,526
Передние колеса ведущие	симметричное	0,424	1,526

Установлено следующее:

- использование компоновочной схемы мостового энергетического средства со стабилизирующими колесами и с передними ведущими колесами при асимметричной нагрузке повышает скорость движения в сравнении с использование компоновочной схемы с задними ведущими колесами повышает скорость перемещения на 22...27 %;

- при симметричной нагрузке на мостовое энергетическое средство скорость движения, как с передними ведущими колесами, так и с задними ведущими колесами одинакова (таблица 3).

Таким образом, по результатам теоретико – экспериментальных исследований по обоснованию параметров энергетического средства для механизации процессов выращивания рассады в парниках установлено следующее:

1. Анализ конструкций энергетических средств для агрегатирования с машинами для выращивания рассады в защищенном грунте показал, что использование тракторов с двигателем внутреннего сгорания связано с выделением в атмосферу токсичных для человека продуктов сгорания, что в условиях ограниченного объема рассадных сооружений ухудшает условия труда.

2. Разработана конструкция и изготовлен экспериментальный образец мостового энергетического средства для агрегатирования со средствами механизации процессов выращивания рассады в защищенном грунте.

3. Определено влияние эксплуатационного веса мостового энергетического средства на усилие, затрачиваемое на самопередвижение. Подтверждено, что между эксплуатационным весом мостового энергетического средства и усилием, затрачиваемым на самопередвижение, существует прямо пропорциональная зависимость.

4. Экспериментально определено влияние применения стабилизирующих колес на равномерность движения мостового энергетического средства в агрегате со средствами механизации по поверхности парника. Установлено, что использование компоновочной схемы мостового энергетического средства со стабилизирующими колесами и с передними ведущими колесами при асимметричной нагрузке в сравнении с использование компоновочной схемы с задними ведущими колесами повышает скорость перемещения на 22...27 %.

Литература

1. Винецкий Е.И., Дьячкин И.И., Грушевская Т.В., Пестов А.Д., Богомоллова Т.И. Средства механизации выращивания рассады табака // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2002. № 7. С. 7-10.
2. Винецкий Е.И., Лысенко А.Е., Дьячкин И.И. Специальные энергетические средства для табаководства. // Достижения науки и техники АПК. 2004. № 7. С.34-35.
3. Расчет параметров энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов. Расчет технико-экономических показателей работы МТА: метод. указания к практическим занятиям / сост. А.П. Карабаницкий, Е.М. Юдина, Н.А. Ринас. Краснодар: КубГАУ, 2015. 50 с.
4. Теоретическое обоснование параметров энергосберегающих машинно-тракторных агрегатов: метод. указания / под общ. ред. д-ра техн. наук, профессора Г.Г. Маслова. Краснодар: КубГАУ, 2014. 83 с.
5. Протокол № 13 – 159- 89 (9036230) предварительных испытаний опытного образца, мостового электрифицированного шасси ШМЭ – 9 / КубНИИ-ТиМ. Новокубанск, 1989.
6. Протокол № 13-110-90 (9038000) от 5 декабря 1990 г. предварительных испытаний сеялки рядковой СТР-2 / КубНИИТиМ. Новокубанск, 1990.
7. Протокол №13-162-89 (9036260) предварительных испытаний опытного образца сеялки для посева семян и присыпки семян и рассады табака СПТ-2. Новокубанск, 1989.