

УДК 621.878.6

## МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ СКРЕПЕРОВ С ТОЛКАЧОМ

Нилов В.А.

Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Россия

Рассмотрен вопрос об экономико-математическом моделировании рабочего процесса прицепного скрепера, работающего с трактором-толкачом. Моделирование выполнялось на ЭВМ с учетом технических параметров тягача и толкача, грунтовых и дорожных условий, а также стоимости оборудования, капитальных и сменных затрат. Установлено наличие рациональной вместимости ковша скрепера, обеспечивающей максимальную сменную производительность и минимальные приведенные удельные затраты на разработку  $1 \text{ м}^3$  грунта. Показано положительное влияние эксплуатации прицепных скреперов с колесными тягачами и необходимость применения догружающих устройств, увеличивающих сцепной вес колесного тягача.

**Ключевые слова:** экономико-математическое моделирование, рациональная вместимость ковша, догрузка тягача.

**DOI:** 10.22281/2413-9920-2017-03-04-415-419

В работе [1] заложены основы технико-экономического моделирования различных скреперных агрегатов. В большинстве случаев их эффективная работа связана с применением дополнительных тракторов-толкачей [2]. В работе [3] показано существенное увеличение производительности прицепных серийных скреперов ДЗ-20 в результате их агрегатирования не с гусеничным трактором Т-130 (заводская комплектация), а с энергонасыщенным колесным трактором К-701 и увеличенной до  $10 \text{ м}^3$  вместимостью ковша (рис. 1).

На основе подробного анализа работы прицепного скреперного агрегата с толкачом

составлено его математическое описание, реализованное в расчетной программе для ЭВМ с графической визуализацией полученных основных технико-экономических показателей: сменной производительности  $P_{см}$  и приведенных удельных затрат  $Z_y$ . На рис. 2 приведены исходные данные для выполнения расчетов, включающие характеристики тягача, грунта, скрепера, параметров эксплуатации скрепера. В качестве эталонного принят скреперный агрегат в составе: тягач – Т-130, скрепер ДЗ-20 (вместимость ковша  $8 \text{ м}^3$ ), толкач – Т-130. Дальность транспортирования 300 м.



Рис. 1. Скреперный агрегат с ковшом увеличенной вместимости

а)

Скрепер Экономика Грунт														
Общие характеристики														
Параметр	Марка	Тип	Мак. тяга	Ном. мощ.	Ном. момент	Мак. момент	Момент на привод	Ном. частота	Частота к.к.	Частота при Mmax	Уд. раск. топ.	Силовой рад.	Вес тягача	Число передач
Ед. измер.	-	-	кН	кВт	Нм	Нм	Нм	1/мин	1/мин	1/мин	кг/Вт ч	м	кН	-
Значение	ньМ	К	90	176,5	802,4	882,9	110	2100	2270	1400	0,231	0,8	134	9
Передаточные числа трансмиссии														
Номер пер.	1	2	3	4	5	6	7	8	9					
Пер. число	219,2	180,4	124,4	89,46	51,1	34,1	28,8	25,4	21					
Ковш														
Догрузка	Коеф. наполн.	Коеф. мет. емк.	КНq - коеф. доли высоты загр.	Мп гл. рез.	Мак гл. рез.	Высота отс.	Коеф. исп. смены	Коеф. сложн.	Коеф. сниж. сц. веса					
0нет,1-есть	-	-	кН/м3	-	м	м	м	-	-	-				
0	1	10,2	1	0,01	0,18	0,25	0,5	0,9	0,88					
Толкач														
Параметр	Ном. мощ.	Мак. тяга	Цена	Уд. раск. топ.	Коеф. исп. дв. по врем.	Коеф. исп. дв. по мощ.	Перев. на 25 км	Перев. >25 км	ЗП перев. на 25 км	ЗП перев. >25 км	Коеф. исп. тяги 2х маш			
Ед. измер.	кВт	кН	руб.	кг/кВт ч	-	-	руб	руб	руб	руб	-			
Значение	102,9	90	4500000	0,231	0,92	0,8	26	0,6	39,5	1,1	1			

б)

Скрепер Экономика Грунт										
Стоимость										
Параметр	Мет. констр.	ТО и ТР	Ср. тар. став.	ЗП при перев. на 25 км	ЗП при перев. >25 км	Перевозка на 25 км	Перевозка >25 км	Топливо	Масло	
Ед. измер.	руб/м3	руб/1000м3	руб	руб	руб	руб	руб	руб/кг	руб/л	
Значение	153333	17320	24,748	26	0,6	39,5	1,1	38	60	
Физические характеристики										
Параметр	Год. фонд врем.	Плотность масла	Число смен в году	Срок служ. СА	Срок служ. шин	Ср. объем работ на 1 об.	Дальность перерб.	Период смены масла		
Ед. измер.	ч	кг/л	-	год	год	м3	км	ч		
Значение	1624	0,865	200	7	5000	20000	80	1500		
Кoeffициенты										
Параметр	Затр. на дост. и монт.	Исп. двиг. по врем.	Рас. топл. от мощ.	Перех. к стоим. масла	Накл. рас. на ЗП	Учета премий	Долив масла			
Значение	1,09	0,92	0,9	0,2	1,3	1,25	1,5			
Параметр	Норм. эк. эффект.	Накл. раск.	Нормативный	Испол. двиг. по мощ.	Попр. к тар. став.	Увел. цены из-за догр. устр.				
Значение	0,15	1,1	0,211	0,8	1,105	1				

в)

Скрепер Экономика Грунт											
Движение											
Параметр	Коеф. А	Коеф. В	Коеф. n	f тягача	f скрепера	Мак уклон	Ср. уклон	Коеф. уклон.	Врем. повор.	Врем. перекл.	Коеф. сцепл.
Ед. измер.	-	-	-	-	-	-	-	-	с	с	-
Значение	0,1	5,48	8	0,06	0,06	0,1584	0,1228	0,3	10	8	0,8
Резание											
Параметр	Уд. вес грунта	Коеф. учета тр.	Коеф. сопр. рез.	Коеф. разрых. гр.	Коеф. внеш. тр. грунта	Коеф. внут. тр. грунта	Коеф. e_mv	Отношение P2/P1	Коеф. потерь гр.		
Ед. измер.	кН/м3	-	кН/м2	-	-	-	-	-	-		
Значение	14	0,4	90	1,2	0,45	0,8	1,3	0,2	1,15		

Рис. 2. Исходные данные для расчета на ЭВМ: а – скрепер; б – экономика; в - грунт

Результаты расчета технико-экономических показателей эталонного скреперного агрегата с гусеничным тягачом приведены на рис. 3. Отчетливо видны экстремальные зоны сменной производительности  $P_{см}$  и приведенных удельных затрат  $Z_y$ , которые между собой не совпадают. Зафиксированная сменная производительность эталонного скреперного агрегата соответствует средней сменной производительности прицепного скреперного агрегата с гусеничным тягачом при дальности транспортирования грунта 300 м [4], которая соответствует реальной сменной производительности существующих

скреперных агрегатов.

Замена гусеничного тягача Т-130 на колесный К-701, который имеет большие транспортные скорости, при сохранении толкача для заполнения ковша позволила увеличить сменную производительность  $P_{см}$  на 35% и уменьшить приведенные удельные затраты  $Z_y$  на 10% (рис. 4).

Существенного смещения экстремальных областей вместимостей ковша не произошло, поскольку тягач К-701 развивает меньшую допустимую силу тяги  $T_{d max}$  (80 кН), чем гусеничный тягач Т-130.

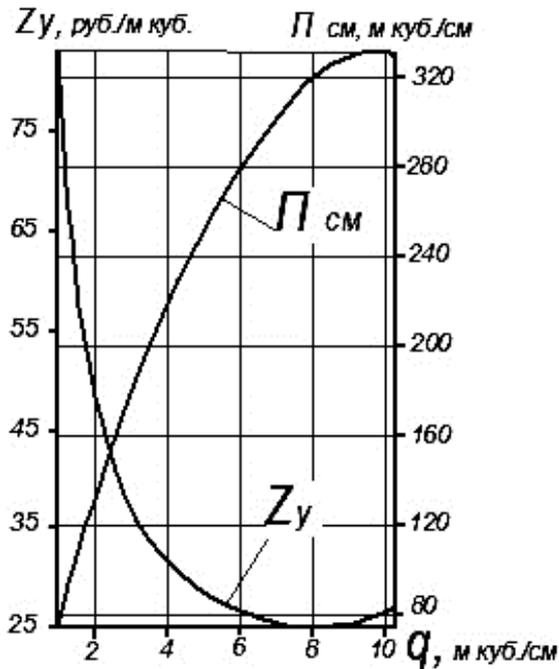


Рис. 3. Техничко-экономические показатели эталонного скреперного агрегата

Существенного смещения экстремальных областей вместимостей ковша не произошло, поскольку тягач К-701 развивает меньшую допустимую силу тяги  $T_{d\ max}$  (80 кН), чем гусеничный тягач Т-130.

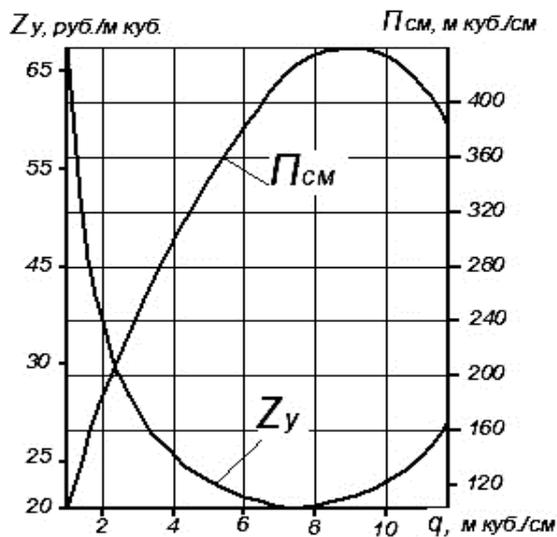


Рис. 4. Техничко-экономические показатели скреперного агрегата с тягачом К-701

Эталонный и новый (с колесным тягачом) скреперные агрегаты агрегатированы со скрепером ДЗ-20 с серийным прицепным устройством, которое при разработке грунта уменьшает на 10...12% сцепной вес любого

тягача (колесного или гусеничного) [5, 6]. Нами созданы догружающие прицепные устройства, увеличивающие на время копания грунта сцепной вес тягача за счет вывешивания переднего моста скрепера [7].

На рис. 5 приведены технико-экономические показатели нового скреперного агрегата при догрузке тягача К-701 добавочным сцепным весом 16 кН. В этом случае диапазон оптимальной вместимости ковша скреперного агрегата увеличивается до 8,2...9,75 м³. Максимальная сменная производительность возрастает до 460 м³, а удельные приведенные затраты становятся минимальными, составляя 19,5 руб./м³. Следовательно, применение догрузки тягача улучшает технико-экономические показатели работы скреперного агрегата с энергонасыщенным колесным тягачом К-701 при условии реализации им догрузки в силу тяги.

Большее увеличение сцепного веса тягача нецелесообразно, поскольку его нет возможности преобразовать в силу тяги трактора (табл. 1, догрузка 43 кН). Большой вес тягача только увеличивает сопротивление передвижению скреперного агрегата и ухудшает его технико-экономические показатели.

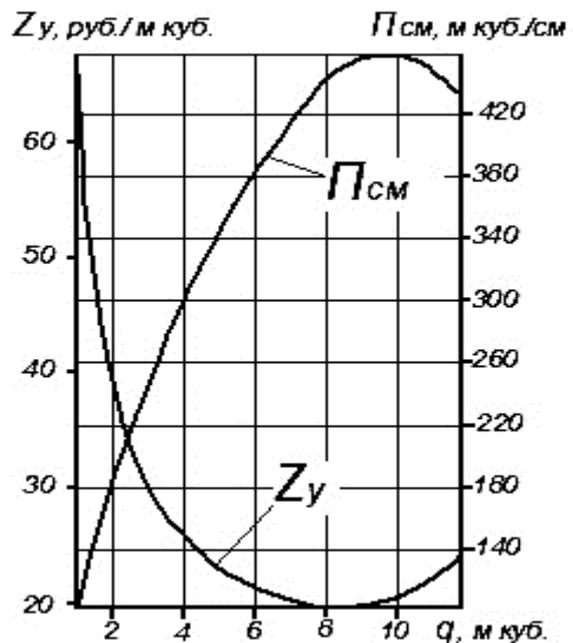


Рис. 5. Техничко-экономические показатели работы скреперного агрегата (трактор К-701 с толкачом Т-130) с догрузкой

Все сведения о технико-экономических показателях работы скреперного агрегата с толкачом сведены в таблицу 1. Годовой экономический эффект от внедрения нового скреперного агрегата с колесным тягачом К-

701 составляет 270 тыс. руб., а применении догрузки тягача добавочным сцепным весом увеличивает годовой экономический эффект до 517,5 тыс. руб.

Таблица 1  
Технико-экономические показатели скреперного агрегата с толкачом Т-130  
(дальность возки 300 м)

Тягач скреперного агрегата	Оптимальные			Производительность, м <sup>3</sup> /см			Приведенные удельные затраты, руб./м <sup>3</sup>		
	$q_3$ , м <sup>3</sup>	$P_{см}$ , м <sup>3</sup> /см	$Z_y$ , руб./м <sup>3</sup>	ковш 8 м <sup>3</sup>	ковш 10 м <sup>3</sup>	%	ковш 8 м <sup>3</sup>	ковш 10 м <sup>3</sup>	%
Т-130 Эталон	8...9,7	332	25	320	-	100	25	-	100
К-701 Серийный	7,5...9,0	440	20	-	432	+35	-	22,5	-10
К-701 С догрузкой 16 кН	8,2...9,8	460	19,5	-	460	+43,7	-	20,5	-18
К-701 С догрузкой 43 кН	8,0...9,75	454	20	-	450	+40,6	-	21,4	-14,4

**Выводы.**

1. Разработана машинная методика расчет технико-экономических показателей работы скреперного агрегата с толкачом в различных грунтовых и дорожных условиях.

2. Подтверждена правильность эксплуатации прицепного скрепера с колесным тягачом вместо гусеничного при заполнении ковша с толкачом.

3. Показано положительное влияние догрузки тягача дополнительным сцепным весом за счет работы прицепного догружающего устройства.

**Список литературы**

1. Борисенков, В.А. Оптимизация скреперных агрегатов / В.А. Борисенков. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 1990. – 248 с.

2. Ульянов, Н.А. Теория самоходных колесных землеройно-транспортных машин / Н.А. Ульянов. - М.: «Машиностроение», 1969. – 520 с.

3. Апексимов, Ю.И. Использование тяжелых тракторов с прицепными скреперами / Ю.И. Апексимов, Ф.Ф. Калашников, В.А. Нилов В.А. // Гидротехника и мелиорация. – 1980. - № 5. – С. 32-33.

4. Войнич, Л.К. Справочник молодого машиниста бульдозера, скрепера, грейдера / Л.К. Войнич, Р.Г. Прикашиков. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. школа, 1979 – 199 с.

5. Косенко, А.А. Повышение эффективности работы прицепного скрепера с колесным тягачом: дисс. ... канд. техн. наук / А.А. Косенко. – Воронеж. - 2003.

6. Зинченко, Н.С. Исследование рабочего процесса прицепного скрепера, увеличивающего сцепной вес гусеничного тягача при копании грунта: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / Н.С. Зинченко. – Омск. - 1980.

7. А.с. № 1239213 СССР, МКИ<sup>4</sup> E02F 3/64. Прицепной скрепер с догружающим устройством / Нилов В.А., Гаврилов А.В., Меньшиков В.П. - № 3711704/29-03; заявл. 13.03.1984; опубл. 23.06.1986, Бюл. № 23.

**Сведения об авторе**

Нилов Владимир Александрович – доктор технических наук, профессор, профессор ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», vladnil1014@mail.ru.

## SIMULATION OF THE SCRAPERS WITH PUSHER

Nilov V.A.

Voronezh State Technical University, Voronezh, Russian Federation

The question of the economic-mathematical modeling of working process of trailed scraper working with a tractor-pusher. The modeling was done on computer taking into account the technical parameters of the tractor and the pusher, ground and road conditions, as well as the cost of the equipment, capital and replacement costs. The presence of a rational capacity bucket scraper, providing the maximum output per shift and reduced unit development costs of 1 m<sup>3</sup> of soil. The positive effect of the operation at the chain scrapers, wheel tractors and the need for dogugaeshi devices, increasing the coupling weight of the tractor wheel.

**Keywords:** *economic-mathematical modeling, rational capacity of the bucket, the loading of the tractor.*

**DOI:** 10.22281/2413-9920-2017-03-04-415-419

### References

1. Borisenkov V.A. *Optimizatsion skrepernykh agregatov* [Optimization of scraper units]. Voronezh, Voronezh State University, 1990. 248 p. (In Russian)

2. Ulyanov N.A. *Teoriya samokhodnykh kolesnykh zemleroyno-transportnykh mashin* [The theory of self-propelled wheeled earth-moving machinery]. Moscow, Mashinostroenie, 1969. 520 p. (In Russian)

3. Apeksimov Yu.I., Kalashnikov F.F. Nilov V.A. The use of heavy tractors with towed scrapers. *Gidrotekhnika i melioratsiya*, 1980, No. 5, pp. 32-33. (In Russian)

4. Voynich L.K., Prikashchikov R.G. *Spravochnik molodogo mashinista buldozera, skrepera, greydera* [Handbook of the young bulldozer operator, scrape-RA, grader]. Moscow, Vysshaya shkola, 1979. 199 p. (In Russian)

5. Kosenko A.A. Improving the efficiency of the towed scraper wheel tractor: Diss. Cand. Sci. (Engineering). Voronezh. 2003. (In Russian)

6. Zinchenko N.S. A study of the working process of trailed scraper, increasing the coupling weight of the crawler tractor while digging the soil: Diss. Cand. Sci. (Engineering). Omsk. 1980. (In Russian)

7. Patent USSR No. 1239213, E02F 3/64. *Pritsepnoy skreper s dogruzhayushchim ustroystvom*. Nilov V.A., Gavrilov V.A., Menchikov V.P. Declared 23.06.2011. Published 05.02.2014. Bulletin No. 23. (In Russian)

### Author' information

Vladimir A. Nilov – Doctor of Technical Science, Professor, Professor of Department of Automated equipment engineering at Voronezh State Technical University, vladnil1014@mail.ru.

Дата принятия к публикации  
(Date of acceptance for publication)  
12.09.2017

Дата публикации  
(Date of publication):  
25.12.2017

