

УДК 631.303

DOI: 10.24412/1999-6837-2021-3-99-105

Определение оптимального числа транспортных средств в уборочно-транспортном комплексе

Алексей Андреевич Попов¹, Иван Васильевич Бумбар²^{1,2} Дальневосточный государственный аграрный университет, Амурская область,
Благовещенск, Россия¹ apa270594@mail.ru

Аннотация. В ходе уборочных работ необходимо правильно организовать работу по доставке урожая из бункера комбайна на элеватор. Для исключения простоя комбайна в поле в ожидании выгрузки необходимо точно рассчитать минимальное количество автомобилей для бесперебойной доставки урожая от комбайна к пункту послеуборочной обработки зерна или на элеватор. Многообразие применяемых для уборки зерна комбайнов и различие их характеристик требует рассмотрения зависимостей количества автомобилей от изменения ширины захвата жаток и объемов бункеров комбайнов. В хозяйствах для транспортировки зерна применяются различные по грузоподъемности автомобили, которые, в зависимости от объема бункера комбайна, способны работать одновременно с одним или несколькими комбайнами. Урожайность также влияет на время заполнения бункера комбайна, а, следовательно, и на необходимое количество автомобилей. В статье рассмотрены показатели, влияющие на количество автомобилей, и приводятся аналитические зависимости изменения их числа при прочих равных условиях. Одним из способов снижения потребности в автомобилях, в ходе уборочного процесса, является использование прицепов-перегрузчиков. Применение прицепов-перегрузчиков нашло широкое распространение за рубежом. Однако они не получили такого широкого использования в отечественных сельскохозяйственных предприятиях. Проведенный анализ позволяет оценить эффективность их применения в ходе уборочного процесса.

Ключевые слова: комбайн, уборочный процесс, прицеп-перегрузчик

Для цитирования: Попов А. А., Бумбар И. В. Определение оптимального числа транспортных средств в уборочно-транспортном комплексе // Дальневосточный аграрный вестник. 2021. Вып. 3 (59). С. 99–105.

Determination of optimal number of vehicles in harvesting and transport complex

Aleksey A. Popov¹, Ivan V. Bumbar²^{1,2} Far Eastern State Agrarian University, Amur region, Blagoveshchensk, Russia¹ apa270594@mail.ru

Abstract. During harvesting, it is necessary to properly organize the delivery of the crop from the harvester bunker to the elevator. To exclude the downtime of the harvester in the field while waiting for unloading, it is necessary to accurately calculate the minimum number of vehicles for uninterrupted delivery of the crop from the harvester bunker to the post-harvest grain processing point or to the elevator. The variety of combines used for grain harvesting and the difference in their characteristics requires consideration of the dependences of vehicle number on the width change of the reaper grasp and the combine bunker capacity. The vehicles of different carrying capacity are used for grain transporting in farms. Depending on the capacity of the harvester bunker, such vehicles are able to work simultaneously with one or more combine harvesters. The yield also affects the filling time of the harvester bunker, and therefore the required number of vehicles. The article considers the indicators affecting the number of cars and provides analytical dependences of changes in their number, all other things being equal. One of the ways to reduce the need for cars during the harvesting process is the use of grain carts. The use of grain carts is

widely used abroad. However, they have not found such widespread use in domestic agricultural enterprises. The analysis carried out makes it possible to assess the effectiveness of their use during the harvesting process.

Keywords: combine harvester, harvesting process, grain cart

For citation: Popov A. A., Bumbar I. V. Determination of optimal number of vehicles in harvesting and transport complex. *Dal'nevostochnyj agrarnyj vestnik = Far Eastern Agrarian Herald*. 2021; 3 (59); 99–105.

Введение. Для получения урожая большего количества и качества уборочный процесс должен проходить в кратчайшие сроки. Анализ данных уборочного процесса в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области показал, что средняя продолжительность уборки зерновых и сои составляет около 50 дней, что в несколько раз превышает номинальный показатель в 10–12 дней [3].

Одним из факторов, увеличивающих срок уборочного процесса, является неправильная организация уборочно-транспортных работ на предприятии.

В зависимости от зональных особенностей возделывания сельскохозяйственных культур, формы полей, удаленности их от пунктов послеуборочной обработки зерна применяют различные схемы организации уборочно-транспортных работ. Если есть возможность, необходимо обеспечить двухсменную работу зерноуборочных комплексов.

Работа транспорта может быть организована по следующим схемам:

- 1) поле – элеватор;
- 2) поле – пункт послеуборочной обработки зерна (ПОЗ) в хозяйстве, а от него на элеватор;

Первая схема находит применение, когда на предприятии отсутствуют ПОЗ или у них недостаточная производительность.

Опыт показывает, что наиболее эффективен способ: поле – ПОЗ – элеватор. Особенно это важно учитывать при производстве более одной тысячи тонн с влажностью зерна 15–20 %.

Целью данной работы является организация уборочно-транспортных работ, снижающая простой уборочной техники за счет расчета оптимального количества автомобилей.

Условия и методы исследования. В уборочном процессе важно исключить

простой комбайнов. Для этого следует иметь в виду, что число транспортных средств n определяют по отношению к времени заполнения бункера $T_{\text{б}}$ и времени движения транспорта к пункту ПОЗ (элеватору) и назад к комбайну, то есть $T_{\text{об}}$.

Время заполнения бункера определим из выражения (1):

$$T_{\text{б}} = \frac{U \cdot \gamma \cdot (1 + \delta_{\text{к}})}{3600 \cdot Q_{\text{к}}} \quad (1)$$

где U – объем бункера, м³;

γ – объемная масса зерна, кг/м³;

$\delta_{\text{к}}$ – отношение массы соломы к массе зерна (для зерновых $\delta_{\text{к}} = 2$; для сои $\delta_{\text{к}} = 1,2$);

$Q_{\text{к}}$ – пропускная способность зерноуборочного комбайна, кг/с.

Формула (1) верна при условии:

$$q \geq U \cdot \gamma \quad (2)$$

где q – грузоподъемность транспортного средства, работающего с комбайном.

Однако, условие (2) не всегда выполняется в практике работы комбайнов и транспортных средств.

В Амурской области в уборочном процессе в основном задействованы следующие марки автомобилей:

1. Камаз-45143-50 с грузоподъемностью – 11700 кг, внутренними размерами платформы – 5260x2315x1250 мм и погрузочной высотой – 1468 мм.

2. ЗиЛ ММЗ 554М с мощностью двигателя 150 л. с., грузоподъемностью – 9000 кг и объемом платформы – 5(+2,8) м³.

3. ГАЗ 5312с номинальной мощностью двигателя 125 л. с., грузоподъемностью – 4500 кг и внутренними размерами платформы – 3740x2170x610 мм.

Время $T_{\text{об}}$ определяется из выражения:

Время $T_{об}$ (в часах) определяется как сумма составляющих:

1) t_n – время движения транспортного средства от комбайна до дороги (по полю) и от дороги до комбайна, час;

2) t_g – время движения транспортного средства к месту разгрузки (элеватору, пункту ПОЗ) и обратно по дороге, час;

3) t_p – время погрузки зерна из бункера комбайна в автомобиль и его разгрузки, час.

Время погрузки зерна из бункера комбайна и разгрузки принимают в среднем для автомобиля $t_p=5-7$ минут, для транспорта с прицепом $t_p=9-12$ минут. У современных комбайнов семейства Ростсельмаш при скорости выгрузки от 50 до 115 л/сек скорость выгрузки зерна может составлять от 2 до 1,52 минут [1].

Время движения t_n и t_g определим из выражений:

$$t_n = \frac{L_n}{V_n}, t_g = \frac{2 \cdot L_g}{V_g} \quad (3)$$

где L_n, L_g – расстояние соответственно от комбайна до дороги и обратно (по полю) и по дороге до места разгрузки, км; V_n, V_g – средняя скорость транспортного средства соответственно по полю и по дороге, км/ч.

В этом случае потребное количество транспортных средств составит:

$$n = \frac{\left(\frac{L_n}{V_n} + \frac{2 \cdot L_g}{V_g} + t_p\right) \cdot 3600 \cdot Q_k}{U \cdot \gamma \cdot (1 + \delta_k)} \quad (4)$$

При известной производительности комбайна за час чистого времени W_q (га/ч) и урожайности h (ц/га) получим:

$$n = T_{об} : \frac{U \cdot \gamma}{W_q \cdot h} = \frac{\left(\frac{L_n}{V_n} + \frac{2 \cdot L_g}{V_g} + t_p\right) \cdot B_p \cdot V_p \cdot h}{10 \cdot U \cdot \gamma} \quad (5)$$

где $T_{об}$ – время оборота транспортного средства, час;

B_p – рабочая ширина захвата жатки комбайна, м;

U – объем бункера, м³;

γ – объемная масса зерна, кг/м³;

V – рабочая скорость комбайна, км/ч;

h^p – урожайность зерна, ц/га;

W_q – производительности комбайна за час чистого времени, га/ч.

Следует иметь в виду, что при определении количества автомобилей по формулам (4) и (5) для отдельно работающего комбайна, автомобили часть времени сменны простаивают, ожидая заполнения бункера комбайна.[2]

Уменьшение количества автомобилей приводит к простоям комбайна. В последнее время наблюдается тенденция увеличения емкости бункера комбайнов. Поэтому надо оценить эту тенденцию.

Результаты исследований. Используя выражение (5), проведем оптимальный расчет показателя n для комбайнов, отличающихся емкостью бункера при прочих равных условиях.

Примем емкости бункера 9; 10; 11; 12 м³.

Результаты расчета необходимого количества автомобилей представлены на графике (рис. 1).

Для удобства расчета количества автомобилей n в зависимости от емкости бункера комбайна U обозначим остальные параметры выражения 5 некоторой константой A . Тогда можем записать:

$$n = \frac{1}{U} \left\{ \frac{\left(\frac{L_n}{V_n} + \frac{2 \cdot L_g}{V_g} + t_p\right) \cdot B_p \cdot V_p \cdot h}{10 \cdot \gamma} \right\} \quad (6)$$

Здесь выражение в скобках константа A .

Введем значение величин, расположенных в фигурных скобках выражения (6):

$L_n=0,1$ км; $V_n=6$ км/ч; $V_g=30$ км/ч;

$L_g=3$ км; $t_p=0,1$ ч; $B_p=7$ м; $V_p=7$ км/ч;

$h=20$ ц/га; $\gamma=850$ кг/м³ или $0,85$ т/м³.

В этом случае величина $A = 36,5$.

Таким образом, увеличение емкости бункера комбайна приводит к уменьшению потребности в транспортных средствах при прочих равных условиях (урожайность, ширина захвата жатки, скорость автомобиля и комбайна и др.).

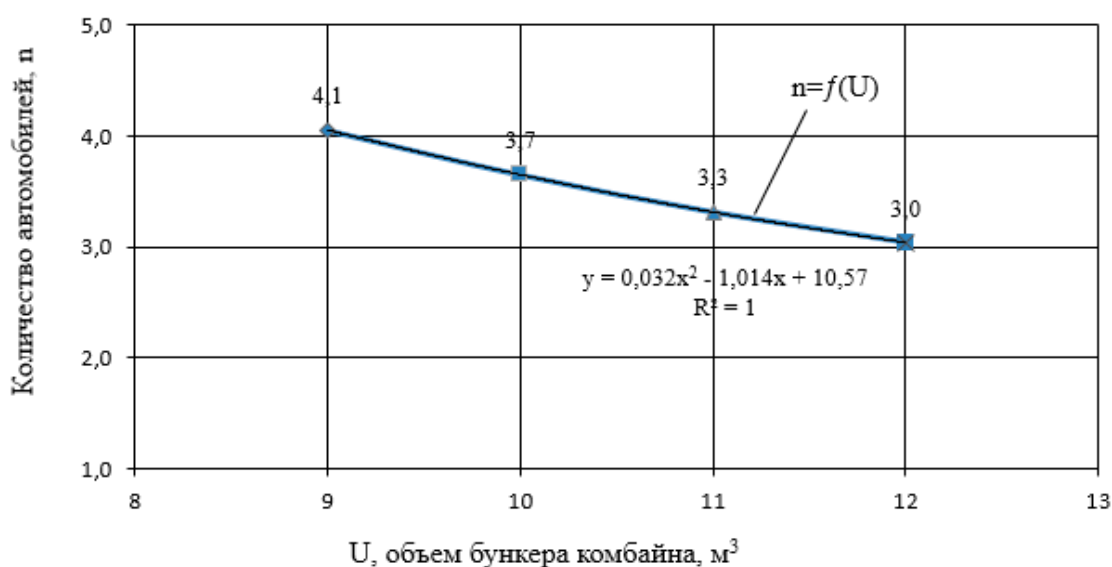


Рисунок 1 – Изменение количества транспортных средств в зависимости от емкости бункера комбайна

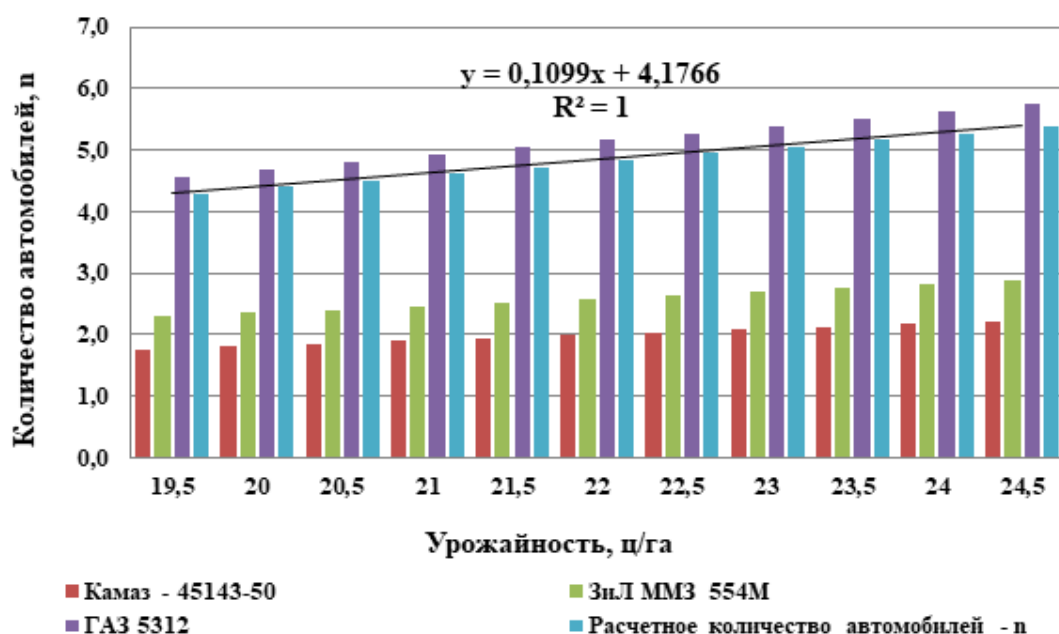


Рисунок 2 – Изменение количества автомобилей от урожайности

Для расчета показателя количества автомобилей n , в зависимости от урожайности, возьмем минимальное и максимальное значение средней урожайности зерновых в южной сельскохозяйственной зоне Амурской области. Примем $h_{min}=19,5$ $ц/га$; $h_{max}=24,5$ $ц/га$ [3].

Результаты расчета представлены на графике (рис 2).

Из графика видно, что с увеличением урожайности количество автомобилей, необходимых для обеспечения бесперебойного уборочного процесса, изменяется по линейной зависимости. Полученная

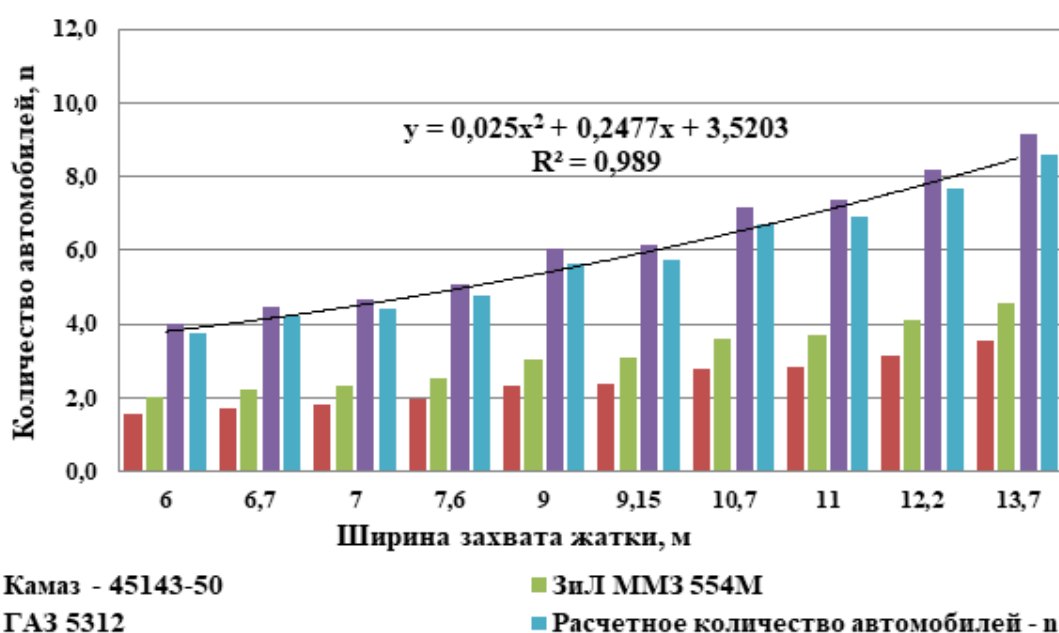


Рисунок 3 – Изменение количества автомобилей от ширины захвата жатки

Таблица

Исходные данные объемов прицепов-перегрузчиков

Производитель	Прицеп – перегрузчик		Количество автомобилей
	Марка	Объем, м ³	
Тонар (Россия)	ПТ5	22	1,66
	ПТ11	30	1,22
	БП15	40	0,91
Атлант (Россия)	ТЗП-39 «Атлант»	42	0,87
Ростсельмаш (Россия)	1060	37,1	0,98
	1360	47,6	0,77
Завод Кобзаренко (Украина)	ПБН-16	16	2,28
	ПБН-20	20	1,83
	ПБН-30	30	1,22
	ПБН-40	40	0,91
	ПБН-50	50	0,73
E-Z Tech (США)	E-Z TECH 1020	38	0,96
	E-Z TECH 870	31	1,18
	E-Z TECH 550	20	1,83
Degelman (Канада)	Degelman 1150 «Diplodoc»	42	0,87

аналитическая зависимость позволяет рассчитать необходимое количество автомобилей при заданной урожайности.

Зависимость необходимого количества автомобилей от ширины захвата жатки комбайна показана на графике (рис. 3). Для расчета этой зависимости были выбраны жатки компании Ростсельмаш с шириной захвата 6; 7; 9 м, и жатки компании JohnDeere с шириной захвата 6,7; 7,6; 9,15; 10,7; 11; 12,2; 13,7 м.

Полученная зависимость выражается полиномиальной функцией и может быть применена для расчета оптимального количества автомобилей, необходимых для обеспечения бесперебойного уборочного процесса.

Для снижения простоя техники во время уборочного процесса в некоторых хозяйствах применяют бункеры накопители-перегрузчики зерна, представляющие из себя тракторные прицепы большого объема и оборудованные выгрузными шнеками. Они принимают зерно из бункера комбайна в поле и перегружают его в кузов автомобиля на краю поля.

Эти машины оборудуются широкопрофильными шинами для снижения давления на почву и могут оснащаться регулируемой осью, которая обеспечивает

передвижение по полю с любым междурядьем.

Также прицепы-перегрузчики могут оснащаться весами, которые обеспечивают контроль объемов загружаемого и выгружаемого из прицепа зерна (продукция Degelman).

Для расчета необходимого количества автомобилей при использовании в уборочном процессе прицепов-перегрузчиков применим выражение (6) и подставим в него значения объемов перегрузчиков от нескольких производителей (табл. 1) при прочих равных условиях.

Результаты расчетов и аналитические зависимости изменения количества автомобилей n при использовании прицепов-перегрузчиков различного объема кузова и емкости бункера комбайна представлены на графике (рис. 4).

Из графика видно, что при использовании прицепа-перегрузчика объемом от 37,1 м³ (Ростсельмаш 1060) количество автомобилей, необходимых для непрерывного уборочного процесса, в три раза меньше, чем при использовании только емкости бункеров комбайнов с максимальным объемом.

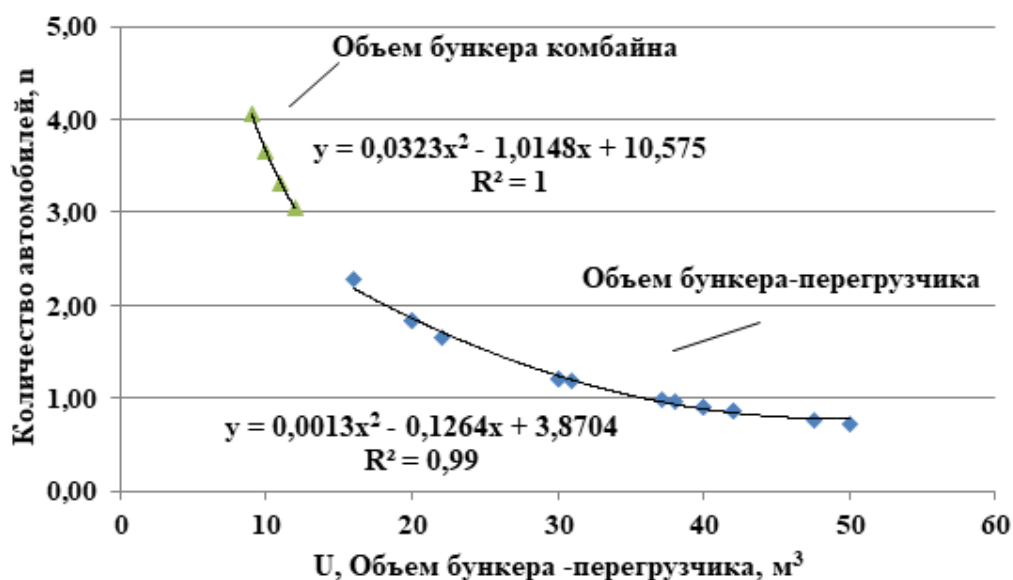


Рисунок 4 – Изменение количества автомобилей n в зависимости от объема бункера комбайна и бункера-перегрузчика

Вывод. Таким образом, определено математическое значение необходимого количества автомобилей для непрерывного хода уборочного процесса при различных факторах, таких как объем бункеров комбайнов, ширины захвата жаток, а также при различной величине урожайности. Для применения полученных значений необходимого количества автомобилей

на практике необходимо округлить полученные значения в большую сторону. Была доказана эффективность включения в уборочный процесс прицепов-перегрузчиков, которые снижают потребность в автомобилях. Получены аналитические зависимости изменения потребности в автомобилях в ходе уборочного процесса.

Список литературы

1. Зерноуборочные комбайны Ростсельмаш. – URL: – <https://rostselmash.com/products/combine> (дата обращения: 12.05.2021).
2. Кузьмин М. В. Комплексная механизация уборки зерновых / М. В. Кузьмин, Ю. Г. Смирнов, И. Н. Кабаненков [и др.]. – Москва : Россельхозиздат, 1975. – 152 с.
3. Официальный сайт Министерства сельского хозяйства Амурской области. – URL: <https://agro.amurobl.ru/pages/informatsiya-o-selskokhozyaystvennykh-rabotakh> (дата обращения: 20.06.2021).

References

1. Zernouborochnye kombajny Rostsel'mash (The combine harvesters Rostselmash), URL: <https://rostselmash.com/products/combine> (data obrashcheniia: 12.05. 2021).
2. Kuz'min, M. V., Smirnov, Yu. G., Kabanenkov, I.N. [i dr.]. Kompleksnaya mekhanizatsiya uborki zernovyh (Complex mechanization of grain harvesting), Moscow, Rossel'hozizdat, 1975, 152 p..
3. Ofitsial'nyy sayt Ministerstva sel'skogo khozyaystva Amurskoy oblasti (Official website of the Ministry of Agriculture of the Amur Region), URL: <https://agro.amurobl.ru/pages/informatsiya-o-selskokhozyaystvennykh-rabotakh> (data obrashcheniia: 20.06. 2021).

© Попов А. А. Бумбар И. В., 2021

Статья поступила в редакцию 01.07.2021; одобрена после рецензирования 20.07.2021; принята к публикации 27.08.2021.
The article was submitted 01.07.2021; approved after reviewing 20.07.2021; accepted for publication 27.08.2021.

Информация об авторах

Попов Алексей Андреевич, аспирант, Дальневосточный государственный аграрный университет, e-mail: apa270594@mail.ru;

Бумбар Иван Васильевич, доктор технических наук, профессор, Дальневосточный государственный аграрный университет.

Information about authors

Aleksey A. Popov, Postgraduate Student; Far Eastern State Agrarian University e-mail: apa270594@mail.ru;

Ivan V. Bumbar, Doctor of Technical Sciences, Professor; Far Eastern State Agrarian University.