

УДК 631.358:635.34

ТЕХНОЛОГИЯ МАШИННОЙ УБОРКИ КАПУСТЫ С УКЛАДКОЙ КОЧАНОВ В КОНТЕЙНЕРЫ

А. С. Алатырев, С. С. Алатырев, И. С. Кручинкина
Чувашский государственный аграрный университет
428003, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. В последние годы во многих странах мира, в частности, в Дании, Бельгии, Италии, США, Канаде, Китае, Японии, Белоруссии, Казахстане, а также в нашей стране начали проявлять повышенный интерес к механизации процесса уборки белокочанной капусты [13]. Уборка урожая с использованием машин повышает производительность труда и сокращает затраты более чем в 3 раза. В то же время в связи с внедрением механизированных технологий при уборке капусты возникает проблема, связанная с сохранением товарного вида продукции, поскольку при отгрузке кочанов в кузов транспортного средства навалом и в процессе закладки на хранение происходит ее механическое повреждение. В этой связи была предложена контейнерная технология уборки кочанной капусты, основанная на использовании капустоуборочного комбайна, конструкция которого была разработана авторами исследования. Здесь, в отличие от традиционного способа уборки, поток кочанов растягивается на продольном транспортере вдоль кузова транспортного средства, откуда кочаны бережно перекадываются в контейнеры, находящиеся в кузове. Процесс механизированной уборки капусты с помощью укладки кочанов в контейнеры при использовании данного способа будет протекать устойчиво (без потерь кочанов), если обслуживающий персонал будет успеивать перебирать кочаны на продольном транспортере и передавать рабочим, укладывающим их в контейнеры. В этой связи в целях оптимизации рабочего процесса на основе теории массового обслуживания была смоделирована предлагаемая технология. По представленной методике и выполненным расчетам было обосновано количество обслуживающего персонала, занятого переборкой кочанов на продольном транспортере, равное 4 чел.

Ключевые слова: кочанная капуста, контейнерная технология уборки, модель рабочего процесса, теория массового обслуживания

Введение. В последние годы в ряде стран мира уделяют все больше внимания проблеме механизации процесса уборки кочанной капусты [8], [13]. В частности, заметных результатов в разработке капустоуборочной техники добились в Европе [10], [14], особенно фирмы Asa-Lift (Дания), Vanhocke (Бельгия), RPD (Италия). Появились опытные образцы капустоуборочных машин в США [15], [16], Канаде [7], Китае [9], [11], [17], Японии [5], [6], [12], в странах ближнего зарубежья (Белоруссии и Казахстане) [2], [4].

В России заметные результаты в разработке новых капустоуборочных машин были достигнуты в 70-80 гг. прошлого столетия, в период социализма. В настоящее время, в период массового распространения малых форм хозяйствования на селе, темпы механизации уборочных процессов в овощеводстве несколько снизились.

Уборка урожая с использованием машин повышает производительность и сокращает затраты труда более чем в 3 раза [13]. В то же время в связи с внедрением механизированных технологий при уборке капусты возникает проблема, связанная с сохранением товарного вида продукции, поскольку при отгрузке кочанов в кузов транспортного средства навалом и в процессе перевалок при закладке их на хранение происходит ее механическое повреждение.

В этой связи предлагаем использовать контейнерную технологию уборки кочанной капусты на основе разработанного нами капустоуборочного комбайна. Общий вид данного комбайна представлен на рис. 1.

В процессе работы комбайна срезанные режущим аппаратом 1 кочаны и листья капусты потоком поступают на узкий выносной транспортер 2, где большая часть капустных листьев проваливается с краев полотна на землю под действием собственного веса [3]. При этом кочаны удерживаются на узком полотне эластичным сетчатым прижимным транспортером 3, а на выходе из режущего аппарата проходят через вальцевое устройство 4 и поступают на транспортер-обрезчик 5. Вальцевое устройство отделяет оставшиеся на потоке листья капусты и сбрасывает их на землю.

На транспортере-обрезчике кочаны капусты инспектируются обслуживающим персоналом 6. При необходимости кочаны с длинными кочерыгами устанавливаются обслуживающим персоналом в гнезда 7 полотна транспортера-обрезчика. Они повторно обрезаются при встрече с пассивным ножом 8 по мере перемещения к его концу [3]. Далее весь поток кочанов поступает на продольный транспортер 9, который позволяет растянуть поток вдоль кузова транспортного средства 10, оборудованного специальной съемной платформой 11 для обслуживающего персонала 12. Данная платформа навешивается на боковом борту кузова с помощью зажимов.



Рис. 1. Общий вид комбайна, разработанного в ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ

Технологический процесс заключается в следующем (рис. 2).

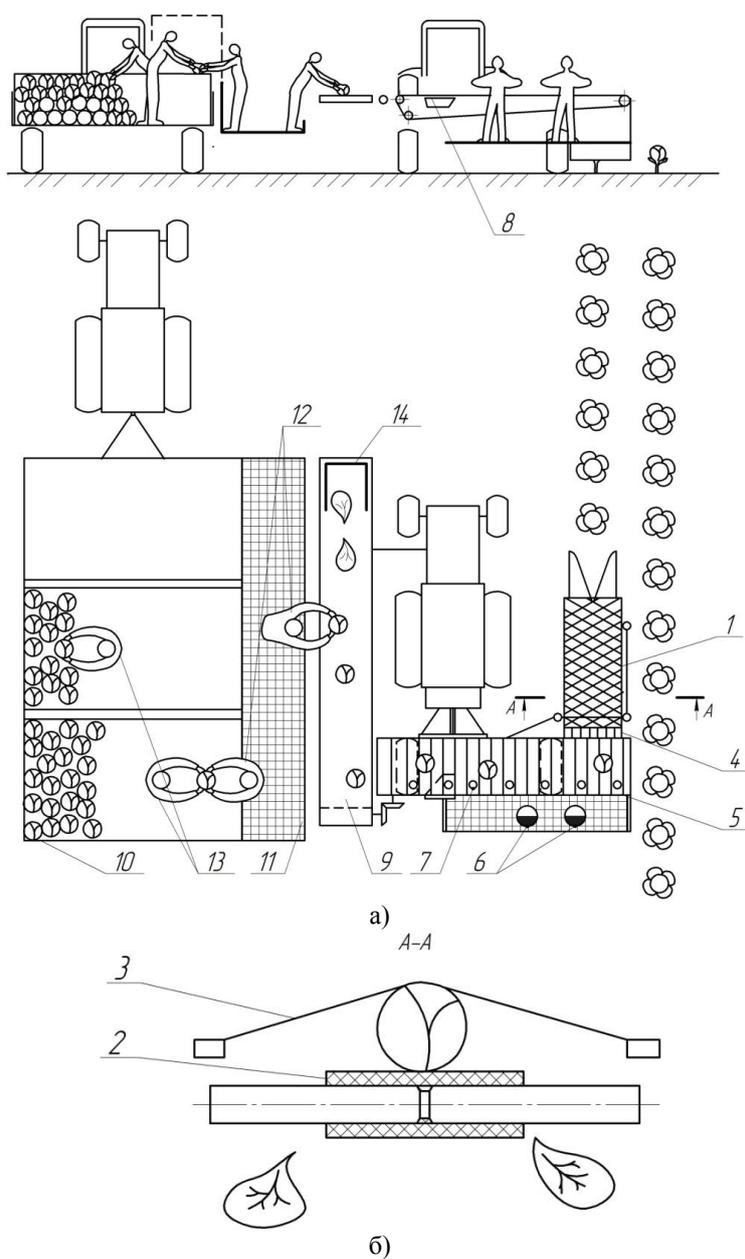


Рис. 2. Технологическая схема машинной уборки капусты с укладкой кочанов в контейнеры: а) общий вид; б) разрез А-А

Рабочий персонал, находящийся на платформе 11, отбирает товарные кочаны с продольного транспортера 9 и передает рабочим 13, находящимся в контейнерах, для последующей их укладки

Заметим, что при этом свободная листва капусты, появившаяся после повторной обрезки кочерыг, а также нетоварные кочаны выгружаются на землю в конце продольного транспортера 9. Когда в контейнерах остается недостаточно места, рабочие 13 переходят в соседний контейнер. При этом дозагрузку контейнеров капустой производят рабочие 12, находящиеся на платформе 11. После наполнения всех контейнеров капустой платформа 11 переводится в транспортное положение с помощью червячного механизма (на рис. 2 платформа в транспортном положении показана штриховыми линиями). Далее транспортное средство с контейнерами, наполненными капустой, направляется в овощехранилище, где с помощью вилочного погрузчика заменяются порожними, открывая свободный боковой борт. Далее рабочий цикл повторяется.

Цель исследования. Процесс механизированной уборки капусты с укладкой кочанов в контейнеры при использовании данного способа будет протекать устойчиво (без потерь кочанов), если обслуживающий персонал 12 будет успевать перебирать кочаны на продольном транспортере и передавать рабочим 13, укладывающим кочаны в контейнеры.

Заметим, что интенсивность переборки кочанов на продольном транспортере и укладки их в контейнеры возрастает с увеличением количества рабочих, находящихся на специальной площадке транспортного средства. Однако количество рабочих должно быть по возможности минимальным, чтобы снизить трудозатраты при использовании данной технологии уборки капусты. В силу указанной причины целью исследования является обоснование необходимого количества обслуживающего персонала, занятого переборкой кочанов капусты на продольном транспортере комбайна.

Материалы и методы исследования. Обоснование требуемого количества обслуживающего персонала, на наш взгляд, может быть успешно реализовано с помощью теории массового обслуживания операций. При этом следует установить количественную связь между характеристикой потока кочанов, поступающих на продольный транспортер, и числом обслуживающего персонала, задействованного в этом процессе, а также качеством его работы [1].

Поступление потока кочанов на продольный транспортер, процесс переборки кочанов на продольном транспортере и передачи их рабочим, находящимся в кузове транспортного средства для раскладки их в контейнерах, можно представить как многократное выполнение задач, характерных для системы массового обслуживания (далее СМО). Схема такой СМО изображена на рис. 3.

В данной СМО поток кочанов капусты, поступающих на продольный транспортер, назовем входящим потоком заявок. Лиц, занимающихся переборкой кочанов на продольном транспортере, отнесем к каналам СМО. На рис. 3 каналы СМО изображены прямоугольниками и обозначены позициями от 1 до n [1].

Рассматриваемая СМО является многоканальной системой с отказами, так как в случае, когда все каналы системы будут заняты, часть товарных кочанов будет проходить мимо рабочих, то есть получит отказ в обслуживании.

Интенсивность поступления кочанов на продольный транспортер при уборке капусты однорядным комбайном может быть определена исходя из средней рабочей скорости v уборочного агрегата и среднего расстояния S между растениями капусты в ряду по формуле [1]:

$$\lambda = \frac{v}{S}. \quad (1)$$

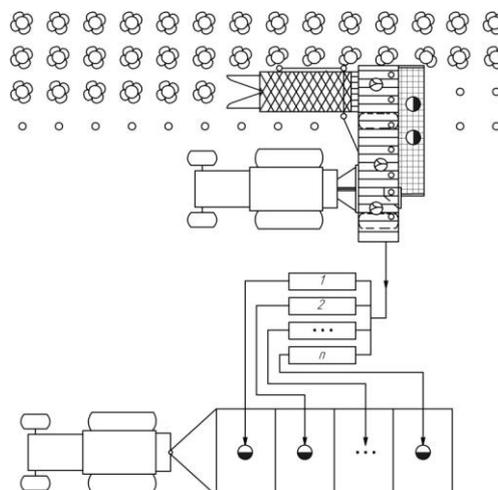


Рис. 3. Модель СМО переборки кочанов на продольном транспортере при машинной контейнерной уборке капусты: 1, 2... n – количество рабочих (каналов системы); ● – рабочие

При $v = 0,65$ м/с, $S = 0,6$ м интенсивность входящего потока $\lambda = 1/08$ с⁻¹.

Интенсивность обслуживания одним каналом может быть определена экспериментально, исходя из среднего времени обслуживания одного кочана по формуле [1]:

$$\mu = \frac{1}{t}. \quad (2)$$

При $t = 3$ с интенсивность обслуживания $\mu = 0,33$ с⁻¹.

В рассматриваемой СМО возможны разные состояния. Их обозначим исходя из числа занятых одновременно каналов:

S_0 – все каналы свободны;

S_1 – занят один канал, остальные свободны;

S_k – заняты k каналов, остальные свободны;

S_{k+1} – заняты $k+1$ каналов, остальные свободны;

S_n – заняты все n каналов.

Граф перечисленных состояний представлен на рис. 4.

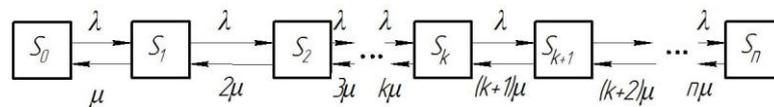


Рис. 4. Граф состояний СМО при переборке кочанов на продольном транспортере при машинной контейнерной уборке капусты

Из рис. 4 заметим, что перевод СМО из предыдущего состояния в последующее (слева направо) осуществляется интенсивностью входного потока λ , а перевод ее из последующего состояния в предыдущее (справа налево) – интенсивностью μ .

В данном случае предельные вероятности состояний СМО P_0 , P_1 , P_2 и P_n вероятности отказов и обслуживания системы можно выразить соответственно формулами (3), (4) и (5) [1].

$$P_0 = \left[1 + \rho + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} \right]^{-1} \left. \begin{array}{l} P_1 = \rho P_0; \\ P_2 = \frac{\rho^2}{2!} P_0; \\ \dots \dots \dots; \\ P_n = \frac{\rho^n}{n!} P_0, \end{array} \right\} \quad (3)$$

$$Q_1 = P_n = \frac{\rho^n}{n!} P_0; \quad (4)$$

$$Q_2 = 1 - Q_1 = 1 - \frac{\rho^n}{n!} P_0. \quad (5)$$

где $\rho = \frac{\lambda}{\mu}$ – интенсивность нагрузки канала.

Результаты исследований и их обсуждение. Результаты расчетов показателей эффективности функционирования рассматриваемой СМО, полученные по формулам (1) – (5) для различного числа обслуживающего персонала n , представлены на рис. 5.

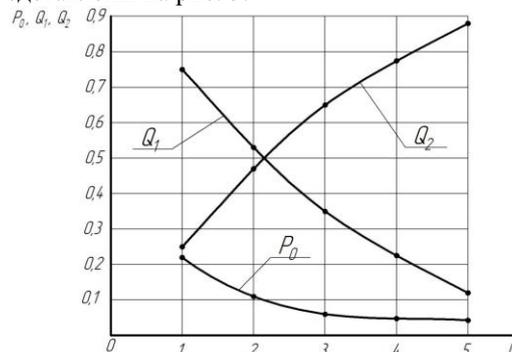


Рис. 5. Предельные вероятности состояний P_0 , вероятности отказов Q_1 и обслуживания Q_2 в зависимости от числа каналов n СМО.

Как выяснилось выше, поступившие на вход СМО заявки в тот момент, когда все каналы заняты, получают отказ, т.е. кочаны не обслуживаются. Однако заметим, что с увеличением числа каналов n вероятность обслуживания возрастает, например при $n=5$ она составляет 0,88. Однако даже при этом возможны случаи прохождения кочанов мимо рабочих к отгрузочному концу продольного транспортера (вероятность отказов обслуживания составляет 0,12).

В этой связи рекомендуем установить в конце продольного транспортера ограждение 14 так, чтобы капустная листва смогла пройти под ним и отгружаться на землю, а кочаны временно задерживались на полотне транспортера.

Таким образом, СМО преобразуется в многоканальную систему с ограниченным ожиданием (рис. 6), например, 3-4 шт. кочанов. При большем числе ожидающих кочанов может произойти затор на технологической линии.

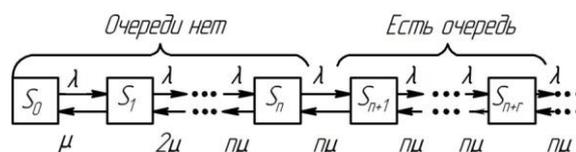


Рис. 6. Граф состояний СМО при переборке кочанов на продольном транспортере с ограждением (здесь r – число кочанов, находящихся в ожидании)

Заметим, СМО с ожиданиями будет функционировать в установившемся режиме при $\chi = \frac{\rho}{n} < 1$. При $\chi \geq 1$ очередь заявок в ожидании обслуживания будет бесконечно возрастать. Поэтому в нашем случае желательно принять $n=4$, при котором $\chi=0,85$.

При этом среднее число кочанов, ожидающих обслуживания, определяется по формуле [1]:

$$\bar{r} = \frac{\rho^{n+1} P_0}{n \cdot n! (1 - \chi)}$$

При $n = 4$, $\lambda = 0,82$ среднее число кочанов, ожидающих обслуживания $r = 1$.

Выводы. Было проведено моделирование контейнерной технологии уборки кочанной капусты, основанное на использовании разработанного авторами капустоуборочного комбайна.

В результате было установлено количество рабочих, занятых на переборке кочанов капусты на продольном транспортере, равное 4.

Литература

1. Венцель, Е. С. Исследование операций / Е. С. Венцель. – Москва: Советское радио, 1972. – 552 с.
2. Костюченкова, О. Н. Обоснование параметров и режимов работы универсальной капустоуборочной машины: автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / О. Н. Костюченкова. – Челябинск, 2012. – 23 с.
3. Патент № 2743189 Российская Федерация А01D45/26. Капустоуборочная машина: заявл.: 26.02.2020; опубл.: 16.02.2021 / И. С. Кручинкина, А. С. Алатырев, С. С. Алатырев // Бюл. № 5. – 3 с.
4. Патент № 17155 С1 Республика Беларусь А01D45/26. Капустоуборочный комбайн: заявл.: 21.12.2010; опубл.: 30.06.2013 / И. Н. Шило, В. А. Агейчик, Н. Н. Романюк, А. В. Агейчик // Бюл. № 3. – 2 с.
5. Agricultural Machinery / N. Murakami, K. Otsuka, K. Inoue, M. Sugimoto. –1999. – 61(5) 93 DOI: 10.11357 / jsam 1937.61.5_93 [In Japanese].
6. Development and Utilization of a New Mechanized Cabbage Harvesting System for Large Fields / M. Hachiya, T. Amano, M. Yamagata, M. Kojima // Japan Agricultural Research Quarterly. – 2004. – Vol. 38 (2). – P. 97-103.
7. Development of a Cabbage Harvester / R. Chagnon, P. Eng, M. T. Charles [et al.] // American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE). – 2004. –041025. – DOI: 10.13031/2013.17892.
8. Design of cabbage pulling-out test bed and parameter optimization test / C. Zhou, F. Luan, X. Fang, H. Chen // Chemical Engineering, 2017. – Transactions Volumes 62. – P. 1267-1272.
9. Du, D. D. Development and experiment of self-propelled cabbage harvester / D.D. Du, G.Q. Fei, J. Wang // Transactions of the Chinese Society of Agricultural. Engineering. – 31 (14) 16. – DOI: 10.11975 / j.issn.1002-6819.2015.14.003.
10. Gao, T. H. Optimization experiment of influence factors on greenhouse vegetable harvest cutting / T. H. Gao, T. B. Wang, Z. C. Zhou // Transactions of the CSAE. – 2015. – Vol. 31 (19). – P. 15-21.
11. Geng, D. Y. Analysis of agricultural machinery development trend in our country / D. Y. Geng, T. Z. Zhand, H. Luo // Transactions of Chinese Society for Agricultural Machinery. – 2004. – N 4. – P. 208.
12. Kanamitsu, M. Development of Chinese cabbage harvester / M. Kanamitsu, K. Yamamoto // Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ). – 1996. – N 30 (1). – P. 35.

13. Technology and parameters of cabbage machine harvesting by careful stacking of heads in containers / S. S. Alatyrev, I. S. Kruchinkina, A. S. Alatyrev [et al.] // V 2020IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 433 (2020) 012005 DOI:10.1088/1755-1315/433/1/012005.
14. Song, K. S. Automatic cabbage feeding, piling, and unloading system for tractor implement Chinese cabbage harvester / K. S. Song, H. Hwang, J. T. Hong // IFAC Proceedings Volumes. – 2000. – Vol. 33 (29). – P. 259.
15. Patent N 3497013 USA. February 24, 1970 / W. M. Baker, P. Road. – 6 p.
16. Patent No 3827503. USA. August 6. 1974 / C. J. Hansen. – 6 p.
17. Wu, X. W. Discussion on structure of self-propelled hydraulic cabbage harvester / X. W. Wu, Y. J. Sun, X. K. Yuan // South Agricultural Machinery. – 2015. – N 11. – P. 35.

Сведения об авторах

1. **Алатырев Алексей Сергеевич**, кандидат технических наук, доцент кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; тел. 8 9050273957;
2. **Алатырев Сергей Сергеевич**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры транспортно-технологических машин и комплексов, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; e-mail: if7@academy21.ru, тел. 8 9373911350;
3. **Кручинкина Ирина Сергеевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры математики, физики и информационных технологий, Чувашский государственный аграрный университет, 428003, Чувашская Республика, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 29; тел. 8 9176533438.

TECHNOLOGY OF MACHINE HARVESTING OF CABBAGE BY PUTTING CABBAGE HEADS IN CONTAINERS

A. S. Alatyrev, S. S. Alatyrev, I. S. Kruchinkina
Chuvash State Agrarian University
 428003, Cheboksary, Russian Federation

Brief abstract. *In recent years, in many countries of the world, in particular in Denmark, Belgium, Italy, USA, Canada, China, Japan, Belarus, Kazakhstan, as well as in our country, they have begun to show increased interest in the mechanization of harvesting white cabbage. Harvesting using machines increases productivity and reduces labor costs by more than 3 times. At the same time, due to the introduction of mechanized technologies for harvesting cabbage, the problem of preserving the market quality of products due to mechanical damage during the shipment of heads to the vehicle body in bulk and in the process of laying it for storage has become severe. Accordingly, a container technology for harvesting cabbage is proposed based on a cabbage lifter developed by the authors. Here, in contrast to the traditional method of harvesting, the flow of cabbage heads is spread out on a longitudinal conveyor along the vehicle body, from where the cabbage heads are carefully transferred to containers located in the body of vehicle. The process of mechanized harvesting of cabbage by laying heads in containers according to this method will proceed steadily (without loss of heads) if the service personnel will have time to sort out the heads on a longitudinal conveyor and transfer to workers laying heads in containers. In this regard, in order to optimize the workflow, the proposed technology is modeled on the basis of queuing theory. According to the presented methodology and calculations, the number of operation personnel engaged in sorting of cabbage heads on a longitudinal conveyor was substantiated, equal to 4 people.*

Key words: *cabbage, container harvesting technology, workflow model, queuing theory.*

References

1. Vencel', E. S. Issledovanie operacij / E. S. Vencel'. – Moskva: Sovetskoe radio, 1972. – 552 s.
2. Kostyuchenkova, O. N. Obosnovanie parametrov i rezhimov raboty universal'noj kapustoborochnoj mashiny: avtoreferat dissertacii na soiskanie uchenoj stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / O. N. Kostyuchenkova. – CHelyabinsk, 2012. – 23 s.
3. Patent № 2743189 Rossijskaya Federaciya A01D45/26. Kapustoborochnaya mashina: zayavl.: 26.02.2020; opubl.: 16.02.2021 / I. S. Kruchinkina, A. S. Alatyrev, S. S. Alatyrev // Byul. № 5. – 3 s.
4. Patent № 17155 S1 Respublika Belarus' A01D45/26. Kapustoborochnyj kombajn: zayavl.: 21.12.2010; opubl.: 30.06.2013 / I. N. SHilo, V. A. Agejchik, N. N. Romanyuk, A. V. Agejchik // Byul. № 3. – 2 s.
5. Agricultural Machinery / N. Murakami, K. Otsuka, K. Inoue, M. Sugimoto. –1999. – 61(5) 93 DOI: 10.11357 / jsam 1937.61.5_93 [In Japanese].
6. Development and Utilization of a New Mechanized Cabbage Harvesting System for Large Fields / M. Hachiya, T. Amano, M. Yamagata, M. Kojima // Japan Agricultural Research Quarterly. – 2004. – Vol. 38 (2). – P. 97-103.
7. Development of a Cabbage Harvester / R. Chagnon, P. Eng, M. T. Charles [et al.] // American Society of Agricultural and Biological Engineers (ASABE). – 2004. –041025. – DOI: 10.13031/2013.17892. 8. Design of cabbage pulling-out test bed and parameter optimization test / C. Zhou, F. Luan, X. Fang, H. Chen // Chemical Engineering, 2017. – Transactions Volumes 62. – P. 1267-1272.

8. Design of cabbage pulling-out test bed and parameter optimization test / C. Zhou, F. Luan, X. Fang, H. Chen // Chemical Engineering, 2017. – Transactions Volumes 62. – P. 1267-1272.
9. Du, D. D. Development and experiment of self-propelled cabbage harvester / D.D. Du, G.Q. Fei, J. Wang // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. – 31 (14) 16. – DOI: 10.11975 / j.issn.1002-6819.2015.14.003.
10. Gao, T. H. Optimization experiment of influence factors on greenhouse vegetable harvest cutting / T. H. Gao, T. B. Wang, Z. C. Zhou // Transactions of the CSAE. – 2015. – Vol. 31 (19). – P. 15-21.
11. Geng, D. Y. Analysis of agricultural machinery development trend in our country / D. Y. Geng, T. Z. Zhand, H. Luo // Transactions of Chinese Society for Agricultural Machinery. – 2004. – N 4. – P. 208.
12. Kanamitsu, M. Development of Chinese cabbage harvester / M. Kanamitsu, K. Yamamoto // Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ). – 1996. – N 30 (1). – P. 35.
13. Technology and parameters of cabbage machine harvesting by careful stacking of heads in containers / S. S. Alatyrev, I. S. Kruchinkina, A. S. Alatyrev [et al.] // V 2020IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 433 (2020) 012005 DOI:10.1088/1755-1315/433/1/012005.
14. Song, K. S. Automatic cabbage feeding, piling, and unloading system for tractor implement Chinese cabbage harvester / K. S. Song, H. Hwang, J. T. Hong // IFAC Proceedings Volumes. – 2000. – Vol. 33 (29). – P. 259.
15. Patent N 3497013 USA. February 24, 1970 / W. M. Baker, P. Road. – 6 p.
16. Patent No 3827503. USA. August 6. 1974 / C. J. Hansen. – 6 p.
17. Wu, X. W. Discussion on structure of self-propelled hydraulic cabbage harvester / X. W. Wu, Y. J. Sun, X. K. Yuan // South Agricultural Machinery. – 2015. – N 11. – P. 35.

Information about authors

1. **Alatyrev Aleksey Sergeevich**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; Tel. 8 9050273957;
2. **Alatyrev Sergey Sergeevich**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Transport and Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; e-mail: if7@academy21.ru, tel. 8 9373911350;
3. **Kruchinkina Irina Sergeevna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mathematics, Physics and Information Technologies, Chuvash State Agrarian University, 428003, Chuvash Republic, Cheboksary, st. K. Marx, 29; Tel. 8 9176533438

УДК 631.372

АКТУАЛЬНОСТЬ ПЕРЕВОДА БЕНЗИНОВОГО ДВИГАТЕЛЯ НА ГАЗООБРАЗНОЕ ТОПЛИВО

В. Н. Батманов, Ю. Ф. Казаков, Ю. Н. Батманов
Чувашский государственный аграрный университет
 428003, Чебоксары, Российская Федерация

Аннотация. В статье рассматривается целесообразность перевода бензинового двигателя на газообразное топливо. Альтернативный подход к выбору топлива с учетом достоинств систем ГБО по отношению к штатной системе питания бензиновых двигателей позволит в будущем уменьшить материальные расходы при эксплуатации автомобиля. С учетом заводских рекомендаций было установлено, что сжиженный углеводородный газ может успешно применяться в современном бензиновом двигателе автомобиля. Был установлен средний расход сжиженного газа на 100 км пути автомобиля и выполнены сравнительные экономические расчеты по отношению к жидкому топливу. Была предложена методика расчета окупаемости дооснащенного системой питания автомобиля с учетом его километражного пробега. Представлены результаты лабораторных исследований моторных масел после эксплуатации двигателя, работавшего на бензине и на газе. Альтернативное применение сжиженного газа в бензиновых двигателях внутреннего сгорания (ДВС) актуально как для населения, так и для сельскохозяйственного производства и промышленности в целом.

Ключевые слова: сжиженный углеводородный газ (СУГ), бензиновый двигатель, окупаемость, затраты, система питания двигателя, альтернативное топливо, газобаллонное оборудование (ГБО).

Введение. Актуален ли перевод бензинового двигателя автомобиля на газообразное топливо? Часто многие водители задаются этим вопросом. Рассмотрим актуальность перевода бензинового двигателя на сжиженный газ и его преимущества.

- Переводить на него двигатель внутреннего сгорания (ДВС) необходимо только тогда, когда имеется
- совместимость систем питания;
 - низкая стоимость 1-го литра топлива;
 - окупаемость затрат при установке дополнительной системы питания;