

Wpłynęło 19.08.2019 r.
Zrecenzowano 14.09.2019 r.
Zaakceptowano 22.09.2019 r.

A – koncepcja
B – zestawienie danych
C – analizy statystyczne
D – interpretacja wyników
E – przygotowanie maszynopisu
F – przegląd literatury

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ЗАГРУЗКИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ КОРМОУБОРОЧНЫМ КОМБАЙНОМ ПРИ УБОРКЕ ТРАВ НА СИЛОС

**Aleksandr D. MILEV¹⁾ ABCDEF, Sergej A. OTROSHKO¹⁾ ABCDEF,
Aleksey V. SHEVTSOV¹⁾ ABCDEF, Vladimir M. KOSOLAPOV¹⁾ ABCDEF,
Wacław ROMANIUK²⁾ ABCDEF, Nikolay D. SHARIKOV¹⁾ ABCDEF,
Vitaliy I. TSEYKO¹⁾ ABCDEF**

¹⁾ Federal'noye gosudarstvennoye byudzhethnoye nauchnoye uchrezhdeniye „Federal'nyy nauchnyy tsentr kormoproizvodstva i agroekologii imeni V.R. Vil'yamsa”, Moskovskaya oblast', Rossiya

²⁾ Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Falenty, Oddział Warszawa, Polska

Р е з ю м е

При уборке растительной массы кормоуборочными комбайнами на сенаж, кукурузы восковой спелости на силос и т.п. одной из задач является повышение эффективности использования транспортных средств за счет увеличения количества перевозимой растительной массы, что достижимо при должном ее уплотнении и однородном распределении по кузову транспортного средства. Этому способствует применение активного козырька, т.е. козырька с возвратным движением на силосопроводе кормоуборочного комбайна. Теоретические исследования по оптимизации режимов работы и совершенствованию конструкции активного козырька на силосопроводе кормоуборочного комбайна проведены в соответствии с положениями классической механики. Конструктивно обоснованы четыре принципиальные схемы управления рабочим ходом козырька. Применение предлагаемых принципиальных схем управления и конструкции активного козырька позволяет управлять процессом равномерной и однородной загрузки транспортных средств при уборке трав на силос кормоуборочными комбайнами.

Ключевые слова: активный козырек, гибкая связь, корма, кормоуборочный комбайн, привод, рабочий ход, силосопровод, эксцентрик

Do cytowania For citation: Milev A.D., Otroshko S.A., Shevtsov A.V., Kosolapov V.M., Romaniuk W., Sharikov N.D., Tseyko V.I. 2019. Sovershenstvovaniye protsessa zagruzki transportnykh sredstv kormoubo-rochnym kombaynom pri uborkе trav na silos. Woda-Srodowisko-Obszary Wiejskie. T. 19. Z. 3 (67) s. 15-24.

ВВЕДЕНИЕ

При уборке растительной массы кормоуборочными комбайнами на сенаж, кукурузы восковой спелости на силос и т.п. одной из задач является повышение эффективности использования транспортных средств за счет увеличения количества перевозимой растительной массы и снижение потерь, что достижимо при должном уплотнении этой массы и однородном распределении её по кузову.

Так, например, при работе прицепного кормоуборочного комбайна типа КПИ-2, или самоходного кормоуборочного комплекса, например, ПАЛЕССЕ FS80-2 для полного использования грузоподъемности транспортных средств и предотвращения потерь корма возникает необходимость в наращивании бортов кузова и установки наклонного щита [Komбайn kormouborochnyu pri-serpnoy KPI-2,4 1986; Kompleks kormouborochny Vysokoproizvoditel'nyu «FS80-2» 2019]. Энергия, которую поток корма приобретает, проходя через комбайн, гасится о наклонный щит или о борт кузова. После соударения корм под действием гравитационных сил скатывается под углом естественного откоса, характерного для данного вида измельчённого корма, в разрыхленном состоянии. Должного уплотнения массы кормов и однородного распределения ее по кузову не обеспечивается.

Применение активного козырька, т.е. козырька с возвратным движением на силосопроводе кормоуборочного комбайна [MILEV и др. 2019] способствует не только равномерному распределению кормов, но и к увеличению массы измельченных растительных материалов в кузове транспортного средства.

Скошенные или подобранные из валков травы, проходя через комбайн с измельчающим барабаном, приобретая кинетическую энергию посредством последнего и формируясь в поток, через силосопровод 2 с козырьком 3, шарнирно установленным с возможностью поворота в вертикальной плоскости на угол α поступают в кузов 4 транспортного средства 1 (рис. 1). Растительные материалы поступают и укладываются с уплотнением за счет энергии потока и послойно посредством возвратного движения козырька 3 в вертикальной плоскости на угол α его рабочего хода, причем энергия потока каждого последующего слоя гасится о предыдущий, а однородность и плотность массы в кузове 4 зависит от толщины каждого уплотненного слоя.

Козырек 3 связан гибкой связью 5 с эксцентриком 6, установленным на валу привода 7, и снабжен ограничителем угла α рабочего хода возвратного движения козырька 3, при этом ограничитель выполнен в виде дополнительной гибкой связи 8 управления козырьком 3.

Предположим, что с целью равномерного распределения кормов по площади кузова 4 транспортного средства 1 по мере его заполнения угол α поворота козырька должен меняться от 15° до 45° , что достигается натяжением дополнительной гибкой связи 8.

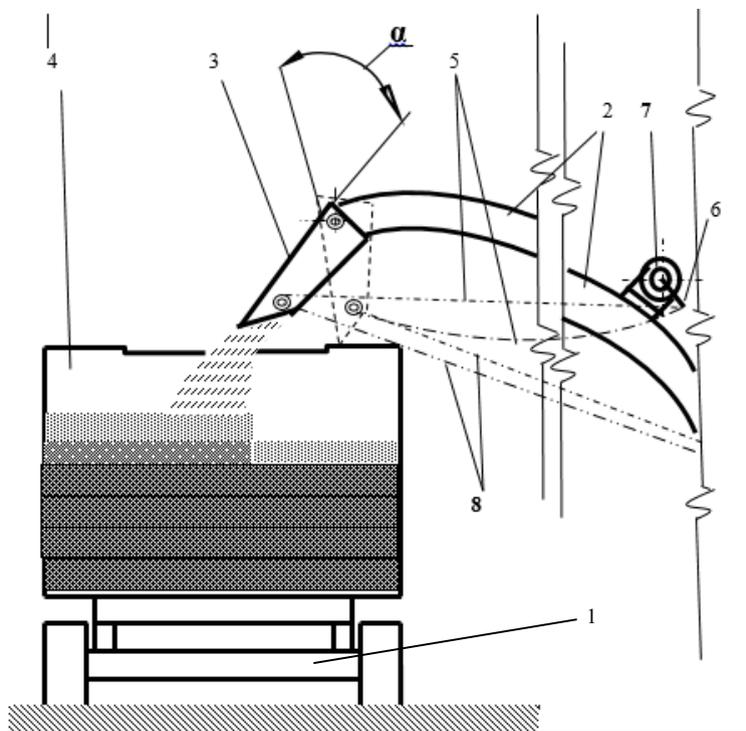


Рис. 1. Распределение кормов в кузове транспортного средства активным козырьком силосопровода: 1 = транспортное средство, 2 = силосопровод, 3 = козырек, 4 = кузов, 5 = гибкая связь, 6 = эксцентрик, 7 = вал привода, 8 = дополнительная гибкая связь управления; источник: собственное исследование

Тогда кривая 1 (рис. 2) соответствует изменению угла α поворота козырька 3 от $\alpha_1 = 0^\circ$ до $\alpha_{1\max} = 45^\circ$ в зависимости от угла φ поворота эксцентрика без натяжения дополнительной гибкой связи 8, при этом угол холостого хода $\delta_1 = 0$. При натяжении дополнительной гибкой связи 8, у гибкой связи 5 появляется провис, а у эксцентрика 6 при вращении – углы холостого хода δ_2 или δ_3 (кривая 2 и 3), которые составляют в процентах от полного оборота эксцентрика:

$$\Delta = \frac{\delta}{360^\circ} 100\% \quad (1)$$

где δ = величина угла холостого хода эксцентрика ($^\circ$).

При $\delta = 0$ козырек совершает колебательные движения без остановок и тем самым обеспечивает равномерное распределение кормов по всей площади кузова 4 транспортного средства (рис. 2). При $\delta > 0$ у эксцентрика возникает холостой ход, козырек 3 останавливается и в кузове 4 под ним (напри-

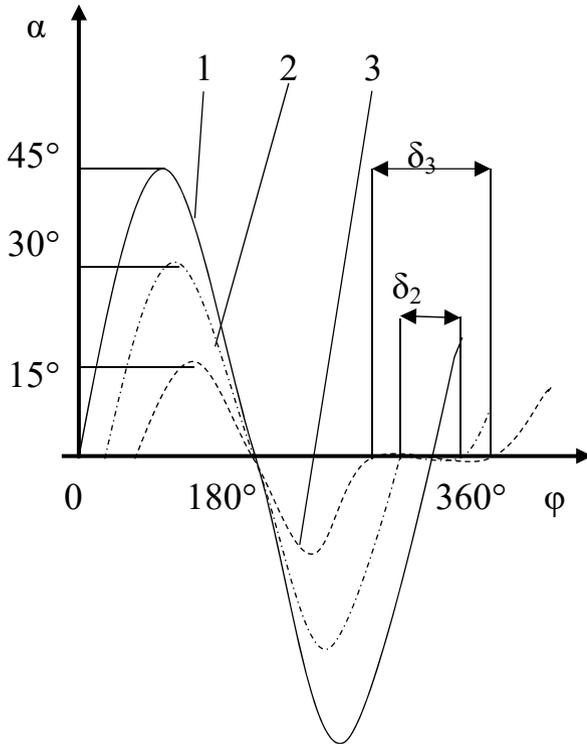


Рис. 2. Изменение угла α поворота активного козырька 3 в зависимости от угла φ поворота эксцентрика b при работе с дополнительной гибкой связью δ : 1 = без натяжения дополнительной гибкой связью δ ; 2 и 3 = с натяжением дополнительной гибкой связью δ ; источник: собственное исследование

мер, при $\alpha_{2\max} = 30^\circ$ – угол холостой ход эксцентрика δ_2 , а при $\alpha_{3\max} = 15^\circ$ – соответственно δ_3) образуется дополнительный слой, который составляет $\Delta\%$ от количества корма, распределяемого за оборот эксцентрика b , что снижает равномерность распределения кормов по всей площади кузова 4 транспортного средства. Так как корма всегда будут скапливаться, например, при загрузке с боку – возле дальнего от комбайна борта кузова 4 транспортного средства, то возникает неравномерное распределение нагрузок на ходовую часть транспортного средства, вследствие чего – неравномерный износ узлов и деталей ходовой части.

Поэтому исследования, позволяющие обосновать режимы работы и усовершенствовать конструкцию активного козырька на силосопроводе кормоуборочного комбайна для равномерной загрузки кузовов транспортных средств, являются актуальными.

ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЙ

Повышение равномерности и однородности загрузки кузовов транспортных средств за счет совершенствования конструкции активного козырька на силосопроводе кормоуборочного комбайна.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теоретические исследования по оптимизации режимов работы и совершенствованию конструкции активного козырька на силосопроводе кормоуборочного комбайна проведены в соответствии с общепринятыми методиками графического построения математических зависимостей, математического анализа [DEMIDOVICH, KUDRYAVCEV 2001; NATANSON 2003] и положениями классической механики [ARTOBOLEVSKIY 1975].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Установленные на силосопроводе 2 козырек 3 со связью 5 и привод 7 с эксцентриком 6 (рис. 1) схематично представляют собой плоский механизм шарнирного четырехзвенника [ARTOBOLEVSKIY 1975]. Из выражений, связывающих между собой основные кинематические и геометрические параметры последнего, следует, что возможно плавное изменение угла α поворота козырька 3 без холостого хода у эксцентрика 6 и остановок козырька 3 в процессе работы. Для этого одно из звеньев шарнирного четырехзвенника – шатун необходимо выполнить в виде гибкой связи 5 регулируемой длины (рис. 3).

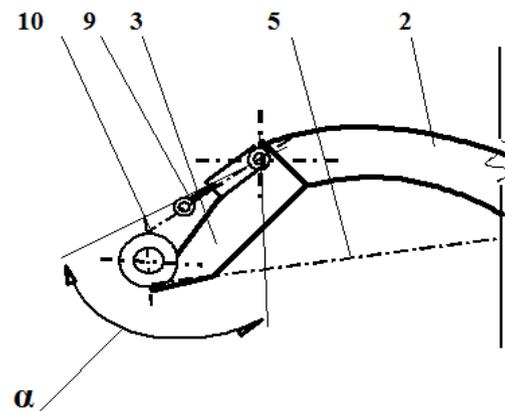


Рис. 3. Конструкции активного козырька для равномерной загрузки кузовов транспортных средств: 2, 3, 5 = как на рисунке 1; 9 = гидроцилиндр, 10 = поворотное колесо; источник: собственное исследование

Ограничитель угла α рабочего хода может быть выполненным в виде гидроцилиндра 9 и поворотного колеса 10, смонтированных на верхней части козырька 3. Гибкая связь 5, связанная одним концом с эксцентриком 6, огибает колесо 10 и прикреплена вторым концом к штоку гидроцилиндра 9. Изменение длины штока гидроцилиндра 9 и натяжения гибкой связи 5 приводит к изменению угла α рабочего хода козырька 3.

Таким образом, крайнее верхнее положение козырька 3 обеспечивается энергией потока измельченной массы, изменением длины штока гидроцилиндра 9 и степенью натяжения гибкой связи 5, а крайнее нижнее – за счет привода с эксцентриком 6. При этом гибкая связь 5 всегда натянута, а у эксцентрика 6 отсутствует холостой ход.

На рисунке 4 показаны оптимальные режимы работы, т.е. изменение угла α поворота козырька 3 от угла φ поворота эксцентрика 6, устройства для равномерной загрузки кузовов транспортных средств для фиксированных значений углов α .

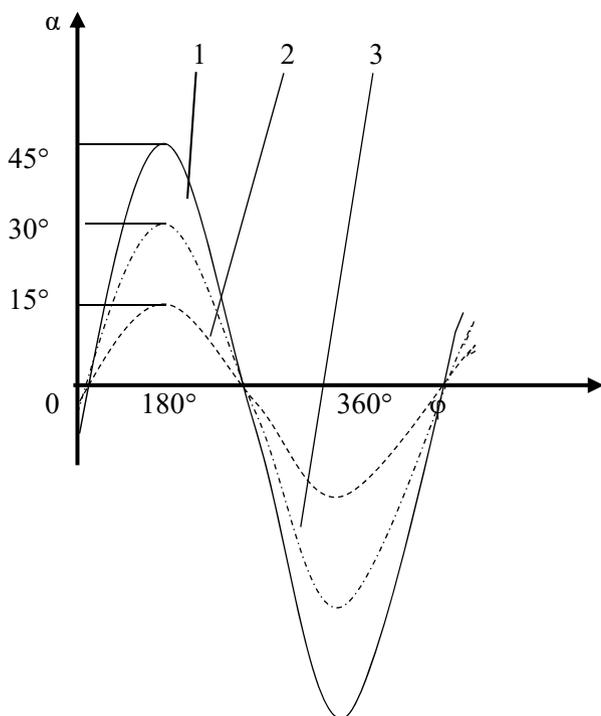


Рис. 4. Изменение угла α поворота козырька от угла φ поворота эксцентрика при оптимальных режимах работы активного козырька: 1 – при изменении угла α от 0 до 45; 2 – при изменении угла α от 0 до 30; 3 – при изменении угла α от 0 до 15; источник: собственное исследование

Возможны и другие варианты управления рабочим ходом козырька. Например, эффективный ограничитель угла α рабочего хода козырька 3 может быть выполнен в виде установленного на силосопроводе 2 натяжного устройства для гибкой связи 5, содержащего зафиксированный на силосопроводе 2 гидроцилиндр 11 с натяжным колесом 12 на его штоке, причем изменение длины штока гидроцилиндра 11 с натяжным колесом 12 приводит к изменению натяжения гибкой связи 5 и угла α рабочего хода козырька 3 (рис. 5).

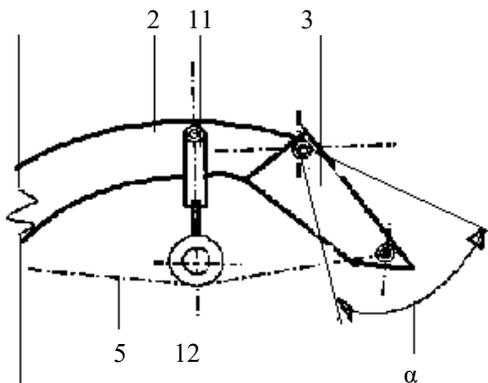


Рис. 5. Ограничение угла α рабочего хода козырька за счет управляемого гидроцилиндром натяжного устройства гибкой связи: 2, 3, 5 = как на рисунке 1; 11 = гидроцилиндр, 12 = натяжное колесо; источник: собственное исследование

Управление рабочим ходом козырька 3 возможно так же за счет изменения положения привода 7 эксцентрика 6 (рис. 6). Для этого связанные между собой шарниром привод 7 и гидроцилиндр 13 устанавливаются каждый соответственно шарнирно на силосопроводе 2.

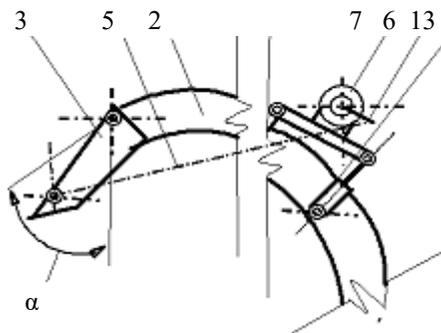


Рис. 6. Управление рабочим ходом козырька за счет изменения положения привода эксцентрика: 2 = силосопровод, 3 = козырек, 6 = эксцентрик, 7 = привод, 13 = гидроцилиндр; источник: собственное исследование

В трех предлагаемых вариантах гибкая связь 5 в рабочем положении будет всегда натянута, козырек 3 – постоянно в движении, а корм – равномерно распределяться по ширине кузова 4. Возможно плавное и непрерывное управление рабочим ходом козырька 3 посредством гидравлики комбайна и соответствующих гидроцилиндров.

ВЫВОДЫ

1. Теоретически обоснована конструкция активного козырька силосопровода кормоуборочного комбайна, принципиально отличающаяся от существующих способом управления.

2. Конструктивно обоснованы четыре принципиальные схемы управления рабочим ходом козырька:

- козырек снабжен гибкой связью с эксцентриком привода и дополнительной гибкой связью для ограничения угла рабочего хода козырька;
- управление рабочим ходом козырька осуществляется изменением длины гибкой связи с эксцентриком привода за счет гидроцилиндра и поворотного колеса, установленных на козырьке;
- натяжение гибкой связи и изменение угла рабочего хода козырька осуществляется за счет гидроцилиндра с натяжным колесом на его штоке, установленного на силосопроводе;
- управление рабочим ходом козырька происходит при изменении положения привода относительно силосопровода посредством гидроцилиндра.

3. Применение предлагаемых конструкций позволяет управлять процессом равномерной и однородной загрузки транспортных средств при уборке трав на силос.

ЛИТЕРАТУРА

- ARTOBOLEVSKIY I.I. 1975. Теория механизмов и машин [Teoriya mekhanizmov i mashin/ Theory of mechanisms and machines]. Moskva. Nauka ss. 640.
- DEMIDOVICH B.P., KUDRYAVTSEV V.A. 2001. Краткий курс высшей математики [Kratkij kurs vysshej matematiki/ Short course of higher mathematics]. Moskva. Astrel, AST ss. 65.
- Комбайн кормоуборочный прицепной КПИ-2,4. Техническое описание и инструкция по эксплуатации [Kombajn kormouborocznyu pritsepnoy KPI-2,4. Tekhnicheskoye opisaniye i instruktsiya po ekspluatatsii / Forage harvester trailed KPI-2.4. Technical description and instruction manual]. Kiyev. Oblpoligrafizdat 1986. ss. 162.
- Комплекс кормоуборочный высокопроизводительный «FS80-2». Инструкция по эксплуатации KBC-2-0000000-06 ИЭ [Kompleks kormouborocznyu vysokoproizvoditel'nyy «FS80-2». Instruktsiya po ekspluatatsii KVS-2-0000000-06 IE / High-performance forage harvesting complex "FS 80-2". Operating instructions KVS-2-0000000-06 IE]. [Dostęp 12.03.2019]. Dostępne w Internecie: http://selmash.farbatest.com/upload/iblock/9d9/D0_9A_D0_92_D0_A1_2_000000_06_20_06.2013_.pdf

- MILEV A.D., OTROSHKO S.A., SHEVTSOV A.V., KOSOLAPOV V.M., ROMANIUK W., SHARIKOV N.D. 2019. Повышение равномерности и однородности распределения сыпучих растительных материалов в кузовах транспортных средств, кормораздатчиков и по фронту кормления КРС. В: Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза: монография [Povysheniye ravnomernosti i odnorodnosti raspredeleniya sypuchikh rastitel'nykh materialov v kuzovakh transportnykh sredstv, kormorazdatchikov i po frontu kormleniya KRS. V: Problemy intensivatsii zhivotnovodstva s uchedom okhrany okruzhayushchey sredy i proizvodstva al'ternativnykh istochnikov energii, v tom chisle biogaza: monografiya/ Increasing of uniformity and homogeneity of the distribution of loose plant materials in the bodies of vehicles, feed distributors and along the front of feeding cattle. In: Problems of intensification of animal production including environment protection and alternative energy production as well as biogas: monograph]. Falenty–Varshava. Institut tekhnologicheskikh i yestestvennykh nauk s. 103–108.
- NATANSON I.P. 2003. Краткий курс высшей математики [Kratkij kurs vysshej matematiki/Short course of higher mathematics]. SPb. Lan. ss. 736.

Aleksandr D. MILEV, Sergej A. OTROSHKO, Aleksey V. SHEVTSOV, Vladimir M. KOSOLAPOV, Waclaw ROMANIUK, Nikolay D. SHARIKOV, Vitaliy I. TSEYKO

IMPROVEMENT OF THE PROCESS OF LOADING VEHICLES WITH A FORAGE HARVESTER WHEN HARVESTING GRASSES FOR SILAGE

Key words: *feed, forage harvester, silo line, active visor, working stroke, drive, eccentric, flexible connection*

S u m m a r y

When harvesting plant mass by forage harvesters for haylage, maize of high ripeness for silage, etc., one of the tasks is to increase the efficiency of the use of vehicles by increasing the quantity of transported growing mass, which is achievable with proper compaction and uniform distribution of the vehicle bunker. This is facilitated by the use of an active visor with a return movement located on the silo line of the forage harvester. The results of theoretical studies on optimization of operation modes and improving the design of active visor are presented. The options for a smooth and continuous control of the working stroke of the active visor located on the silo line of forage harvester are developed.

When harvesting vegetable mass with forage harvesters for haylage, corn of wax ripeness for silage, etc. one of the tasks is to increase the efficiency of using vehicles by increasing the amount of transported plant mass, which is achievable if it is properly compacted and evenly distributed over the vehicle body. This is facilitated by the use of an active visor, i.e. a visor with a return movement on the silo of the forage harvester. Theoretical studies on optimizing operating modes and improving the design of the active visor on the silo of the forage harvester were carried out in accordance with the provisions of classical mechanics. Four basic schemes for controlling the working stroke of the visor are structurally justified. The use of the proposed control concepts and active visor designs allows you to control the process of uniform and homogeneous loading of vehicles when harvesting grasses for silage by forage harvesters.

*Aleksandr D. MILEV, Sergej A. OTROSHKO, Aleksey V. SHEVTSOV, Vladimir M. KOSOLAPOV,
Wacław ROMANIUK, Nikolay D. SHARIKOV, Vitaliy I. TSEYKO*

DOSKONALENIE PROCESU ZAŁADUNKU PRZYCZEP PASZOWYCH PRZEZ SIECZKARNIĘ DO ZBIORU ZIELONEK NA KISZONKĘ

Słowa kluczowe: element roboczy, napęd, pasza, proces załadunku, przyczepa paszowa, sieczkarnia zbierająca

Streszczenie

Podczas zbioru kukurydzy na kiszonkę w stadium dojrzałości woskowej za pomocą sieczkarni do sianokiszonki jednym z zadań jest zwiększenie wydajności użytkowania pojazdów przez zwiększenie ilości transportowanej masy roślinnej. Można to osiągnąć w warunkach odpowiedniego zagęszczenia i równomiernego rozłożenia masy na nadwoziu pojazdu. Ułatwia to użycie elementów roboczych sieczkarni. Teoretyczne badania dotyczące optymalizacji trybów pracy i poprawy konstrukcji elementów roboczych sieczkarni przeprowadzono zgodnie z zasadami mechaniki klasycznej. Cztery podstawowe schematy kontroli udaru elementu roboczego są strukturalnie uzasadnione. Zastosowanie proponowanych obwodów sterowania i konstrukcji elementu roboczego pozwala kontrolować proces równomiernego ładowania pojazdów podczas zbioru masy roślinnej.

Adres do korespondencji: prof. dr hab. Wacław Romaniuk, Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Oddział w Warszawie, ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa; e-mail: w.romaniuk@itp.edu.pl