

**ОБОСНОВАНИЕ ЗОНЫ ОТГРУЗКИ КОЧАНОВ КАПУСТЫ
НА ГИБКОМ НАСТИЛЕ ПРИ МАШИННОЙ УБОРКЕ**

*S.S. Alatyrev, I.S. Kruchinkina,
A.P. Yurkin, A.S. Alatyrev*

**THE JUSTIFICATION OF THE ZONE OF SHIPMENT OF HEADS OF CABBAGE ON FLEXIBLE
FLOORING IN MACHINE HARVESTING**

Алатырев С.С. – д-р техн. наук, проф. каф. транспортно-технологических машин и комплексов Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары. E-mail: s_alatyrev1955@mail.ru

Кручинкина И.С. – канд. техн. наук, доц. каф. математики, физики и информационных технологий Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары. E-mail: irinka58.84@mail.ru

Юркин А.П. – асп. каф. транспортно-технологических машин и комплексов Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары. E-mail: yurkinal24@mail.ru

Алатырев А.С. – ассист. каф. транспортно-технологических машин и комплексов Чувашской государственной сельскохозяйственной академии, г. Чебоксары. E-mail: leha.alatyrev@mail.ru

Alatyrev S.S. – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Transport Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary. E-mail: s_alatyrev1955@mail.ru

Kruchinkina I.S. – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Chair of Mathematics, Physics and Information Technologies, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary. E-mail: irinka58.84@mail.ru

Yurkin A.P. – Post-Graduate Student, Chair of Transport Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary. E-mail: yurkinal24@mail.ru

Alatyrev A.S. – Asst, Chair of Transport Technological Machines and Complexes, Chuvash State Agricultural Academy, Cheboksary. E-mail: leha.alatyrev@mail.ru

При отгрузке капустоуборочным комбайном в кузов сопровождающего транспортного средства кочаны повреждаются в значительной степени. В этой связи разработан новый способ машинной уборки кочанной капусты. В нем, в отличие от традиционного, кочаны сначала отгружаются в щадящем режиме на гибкий корытообразной формы настил, установленный над съемными контейнерами в кузове сопровождающего транспортного средства. Затем кочаны с настила бережно перекадываются в контейнеры для последующей закладки в них на хранение. Отгрузка кочанов на гибкий настил производится с помощью

специального устройства, содержащего жесткий поддон, упругий лоток и гибкий фартук. При отгрузке, для обеспечения максимальной степени сохранности продукции, необходимо предотвращать падение кочанов друг на друга. Следовательно, кочаны капусты после падения на гибкий настил должны откатываться на безопасное место, откуда рабочим было бы удобно их доставать. Цель исследований: выявление условий, исключаящих падение кочанов друг на друга при отгрузке на гибкий настил, а также создающих удобства в максимальной степени для рабочих при перекадывании их в последующем в контей-

неры. Характер поведения кочанов после падения на гибкий настил зависит от вида кривой его провисания. Уравнение кривой провисания, найденное из условия равновесия настила, представляет собой аналитическое выражение параболы. Определена зона отгрузки кочанов на настиле из условия скатывания кочанов с места отгрузки в зону накопления, откуда удобно доставать их рабочим при перекладке в контейнеры. Методика обоснования зон отгрузки и накопления кочанов на гибком настиле может быть использована при реализации предложенного нового способа машинной уборки капусты в щадящем режиме.

Ключевые слова: гибкий настил корытообразной формы, зоны отгрузки и накопления, капустоуборочный комбайн.

At shipment with using cabbage machine harvesting combine in the body of the accompanying vehicle cabbage heads are substantially damaged. In this regard a new way of machine harvesting of headed cabbage was developed. In it, unlike traditional, heads of cabbage at first are shipped in the sparing mode on flexible trough-shaped form, the flooring is established over removable containers in the body of accompanying vehicle. Then heads of cabbage from flooring are carefully shifted in containers for subsequent bookmark in them to storage. The shipment of heads of cabbage on flexible flooring is made by means of the special device containing rigid pallet, an elastic tray and a flexible apron. At shipment, for providing the maximum degree of safety of production, it is necessary to prevent falling of heads of cabbage at each other. Therefore, heads of cabbage after falling on flexible flooring have to be rolled away on a safe place, from where it would be convenient for a worker to get them. The purpose of researches was the identification of the conditions excluding falling of heads of cabbage at each other at shipment on flexible flooring, and also creating conveniences in the maximum degree to workers at their rearrangement in subsequent in containers. The nature of behavior of heads of cabbage after falling on flexible flooring depends on the type of curve of its sagging. The

sagging curve equation found from a condition of balance of flooring represents analytical expression of parabola. The zone of shipment of heads of cabbage on flooring from a condition of rolling heads of cabbage from the place of shipment to accumulation zone is defined, from where it is convenient for a worker to get them in turn in containers. The technique of justification of zones of shipment and accumulation of heads of cabbage on flexible flooring can be used at realization of offered new way of machine harvesting of cabbage in sparing mode.

Keywords: flexible flooring of a trough-shaped form, zone of shipment and accumulation, cabbage harvesting combine.

Введение. При отгрузке капустоуборочным комбайном в кузов сопровождающего транспортного средства кочаны повреждаются в значительной степени [1].

В этой связи предложен новый способ машинной уборки кочанной капусты (пат. РФ №2554403 [2]) в щадящем режиме [3] на базе капустоуборочного комбайна МКК-1 (рис. 1), разработанного в Чувашской ГСХА совместно с ЗАО «Техма» группы компаний «Техмашхолдинг» (г. Чебоксары).

В отличие от традиционного способа уборки капусты, сначала кочаны отгружают капустоуборочным комбайном 1 на гибкий настил 2 корытообразной формы, установленный на специальной стойке над съемными контейнерами в кузове сопровождающего транспортного средства 3 (рис. 2). Причем отгрузка кочанов на гибкий настил производится с помощью специального устройства (пат. РФ №2527025 [5]), содержащего жесткий поддон 5, установленный под горизонтальной частью элеватора 6 комбайна параллельно траектории движения его скребков 7, упругий лоток 8, закрепленный к задней кромке поддона с возможностью свисания свободным концом; гибкий фартук 9, подвешенный сверху шарнирно в зоне выгрузки так, чтобы между фартуком и лотком образовалась клинообразная, сходящаяся книзу щель.



Рис. 1. Общий вид капустоуборочного комбайна МКК-1 [5]

В данном устройстве кочаны, отрываясь от элеватора, сначала падают на упругий прорезиненный лоток, далее проходят через клинообразную щель, раздвигая гибкий фартук. При этом они в значительной степени теряют кинетическую энергию, совершая работу сил трения и упругих деформаций лотка и фартука. Следо-

вательно, их укладка на настил осуществляется при минимальной скорости падения.

Далее рабочие, находясь на платформе кузова транспортного средства, бережно перекалывают кочаны капусты в контейнеры 4, ориентируя кочерыгами в сторону бортов.

В целях обеспечения в максимальной степени сохранности продукции при новом способе

уборки капусты необходимо предотвращать падение кочанов друг на друга в процессе отгрузки на гибкий настил. Следовательно, кочаны капусты после падения на гибкий настил должны откатываться на безопасное место, откуда удобно было бы доставать рабочим при перекладке в контейнеры.

Цель исследований. Научное обоснование условий, исключающих падение кочанов друг на друга в процессе отгрузки на гибкий настил при новом способе машинной уборки капусты.

Задачи исследований:

- аналитически исследовать процесс перекачивания кочанов капусты после падения на гибкий настил;
- выявить уравнение кривой провисания гибкого настила, закрепленного на неподвижных опорах, находящихся на разных уровнях;
- обосновать зоны отгрузки и накопления кочанов капусты путем анализа формы кривой провисания гибкого настила.

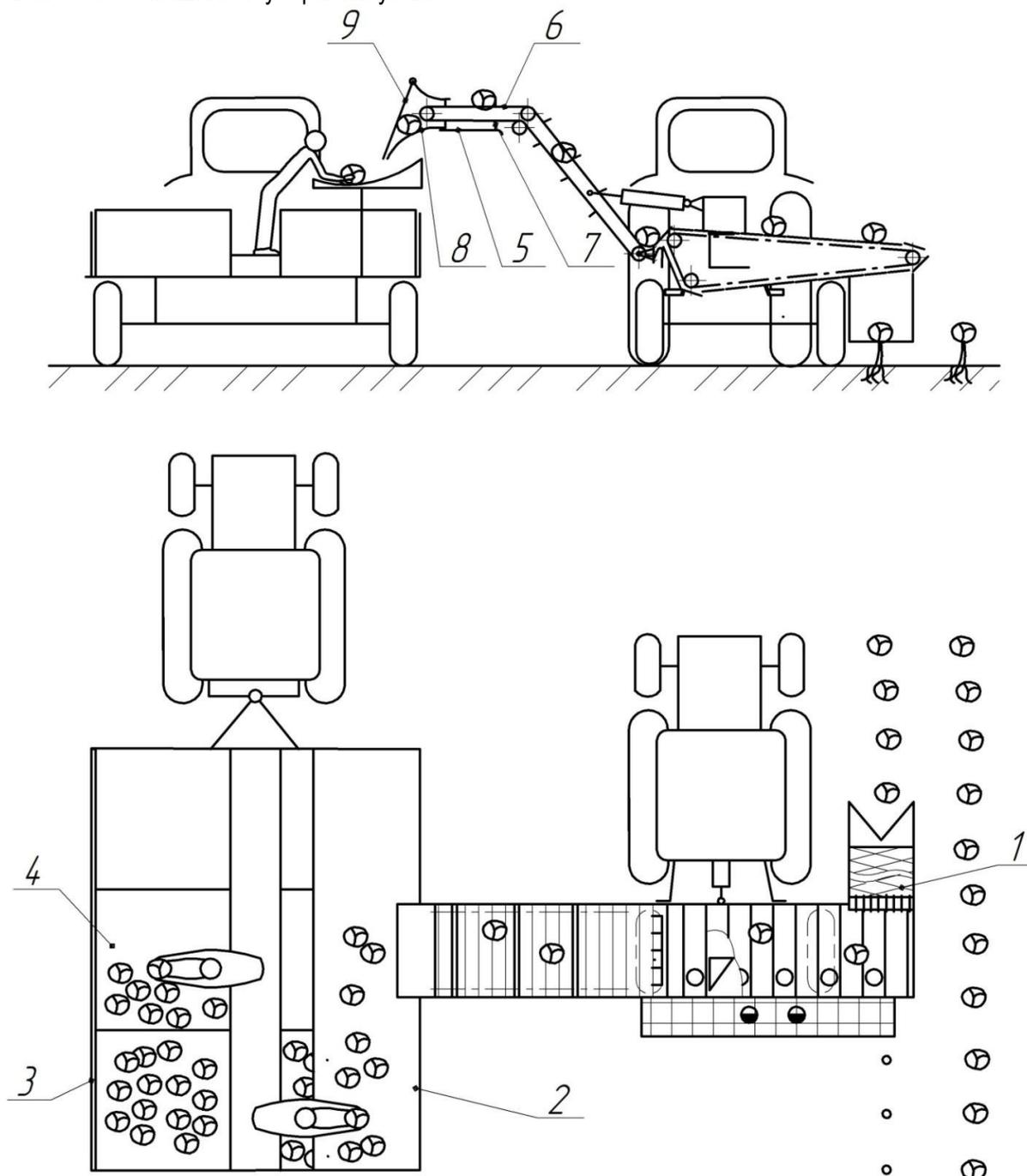


Рис. 2. Новый способ машинной уборки белокочанной капусты в щадящем режиме

Методы и результаты исследований. Наиболее предпочтительным местом накопления кочанов на настиле является его край, находящийся ближе к рабочим, на расстоянии их вытянутых рук. При этом зона отгрузки кочанов на настиле увеличивается и рабочим становится удобным доставать их. Для этого кромки гибкого настила следует располагать на разных уровнях, причем кромка, находящаяся ближе к капустоуборочному комбайну, должна быть выше дальней кромки (см. рис. 2).

Для выявления условия скатывания кочанов после падения на настил рассмотрим его предельное положение равновесия (рис. 3).

В предельном положении на кочан капусты будут действовать силы тяжести \bar{G} и реакции \bar{N} . Из-за местной деформации поверхности настила и кочана в зоне контакта сила реакции \bar{N} окажется смещенной от его центра в сторону качения на величину k [6].

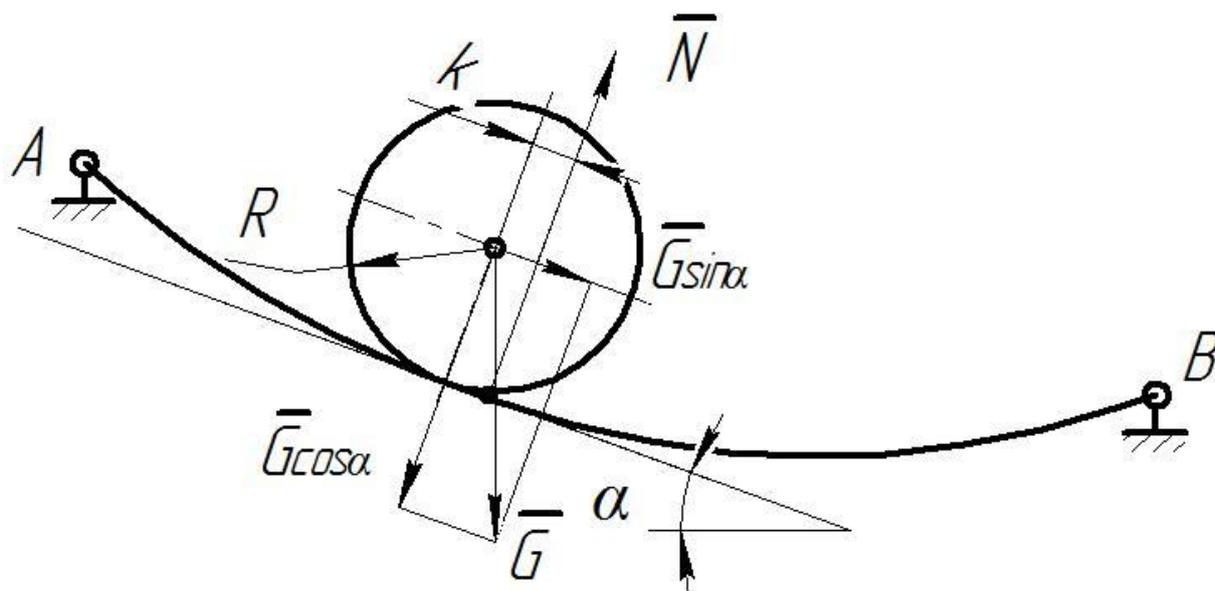


Рис. 3. Схема определения условия перекатывания кочана на гибком настиле

Разложим силу \bar{G} на составляющие $G \cdot \sin \alpha$ и $G \cdot \cos \alpha$. Тогда из равенства моментов получим

$$R \cdot G \cdot \sin \alpha = kN,$$

где R – радиус кочана, α – угол наклона касательной к кривой провисания настила в точке падения кочана к горизонту.

Или с учетом $N = G \cdot \cos \alpha$

$$G \cdot \sin \alpha = \frac{k}{R} G \cos \alpha.$$

Отсюда предельным условием равновесия кочана капусты на настиле является

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{k}{R} = \mu,$$

где μ – коэффициент трения качения кочана капусты по прорезиненной поверхности гибкого настила.

Таким образом, кочан капусты будет скатываться после падения на настил при условии

$$\operatorname{tg} \alpha > \mu. \quad (1)$$

Заметим, величина угла α наклона касательной к горизонту зависит от координат z рассматриваемого сечения настила. Причем в пределах пролета AB настила условие (1) выполняется не во всех точках.

Таким образом, характер поведения кочанов после падения на настил зависит от места их падения и вида кривой провисания.

Для более полного представления о кривой провисания настила рассмотрим равновесие его в целом (рис. 4, а) и его части (рис. 4, б).

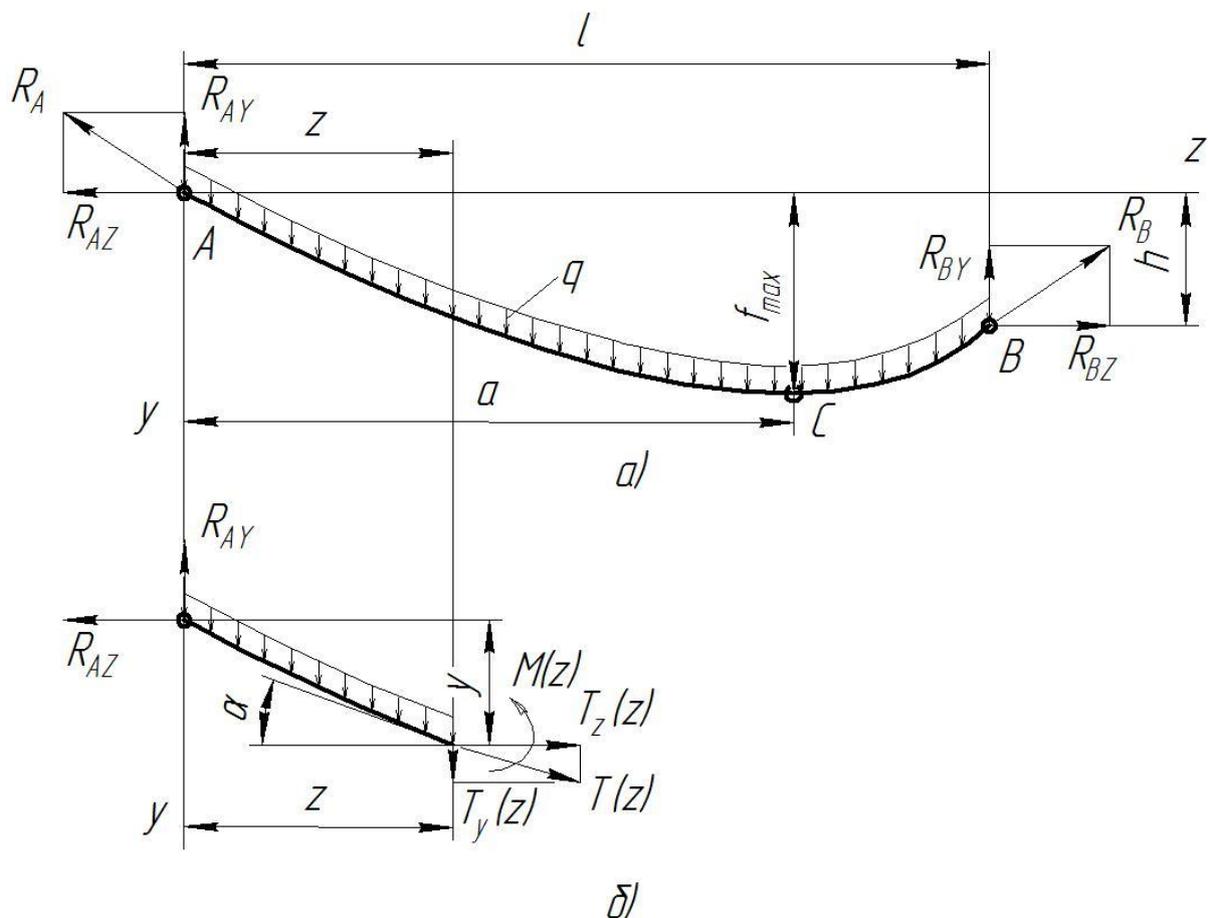


Рис. 4. Схема определения уравнения кривой провисания гибкого настила

Основной нагрузкой гибкого настила является собственный вес, распределенный по всей ширине равномерно с интенсивностью q . В точках закрепления A и B усилия, действующие в

настиле, равны реакциям R_A и R_B . Представляя реакции опор в виде горизонтальных (R_{Az} и R_{Bz}) и вертикальных (R_{Ay} и R_{By}) составляющих, выразим уравнения равновесия:

а) для всего настила

$$\left. \begin{aligned} -R_{Az} + R_{Bz} &= 0, \\ -R_{Ay} - R_{By} + ql &= 0, \\ R_{Az}h - R_{Ay}l + \frac{ql^2}{2} &= 0. \end{aligned} \right\}; \quad (2)$$

б) для его части

$$\left. \begin{aligned} -R_{Az} + T_z(z) &= 0, \\ -R_{Ay} + T_y(z) &= 0, \\ -R_{Ay}z + R_{Az}y + \frac{qz^2}{2} + M(z) &= 0. \end{aligned} \right\}. \quad (3)$$

Приняв настил абсолютно гибким, т.е. $M(z)=0$, и решая совместно выражения (2) и (3), выразим уравнения кривой провисания настила в виде

$$y = \left(\frac{ql}{2T_z(z)} + \frac{h}{l} \right) z - \frac{qz^2}{2T_z(z)},$$

где $T_z(z)$ – горизонтальная составляющая натяжения настила, одинаковая во всех сечениях, Н; l – длина пролета, м; h – разность высот расположения краев настила, м.

Тогда

$$tg\alpha = \frac{dy}{dz} = \frac{ql}{2T_z(z)} + \frac{h}{l} - \frac{qz}{T_z(z)}.$$

При $T_z(z) = \frac{ql^2}{4h}$

$$tg\alpha = \frac{3h}{l} - \frac{4h}{l^2} z.$$

На рисунке 5 показана эта зависимость.

Заметим, что при разнице высот расположения краев настила $h = l \cdot tg\alpha'$, когда $\alpha' > arctg\mu$, кочан будет откатываться от места падения на всем участке AD . Далее движение кочана будет замедляться и в точке C он остановится, так как здесь провис имеет максимальное значение f_{max} (см. рис. 4). Это место с координатой $z = \alpha$ является удобным для накопления кочанов, так как находится в пределах вытянутой руки рабочего (при $l = 1$ м точка C находится на расстоянии 0,25 м от края B настила).

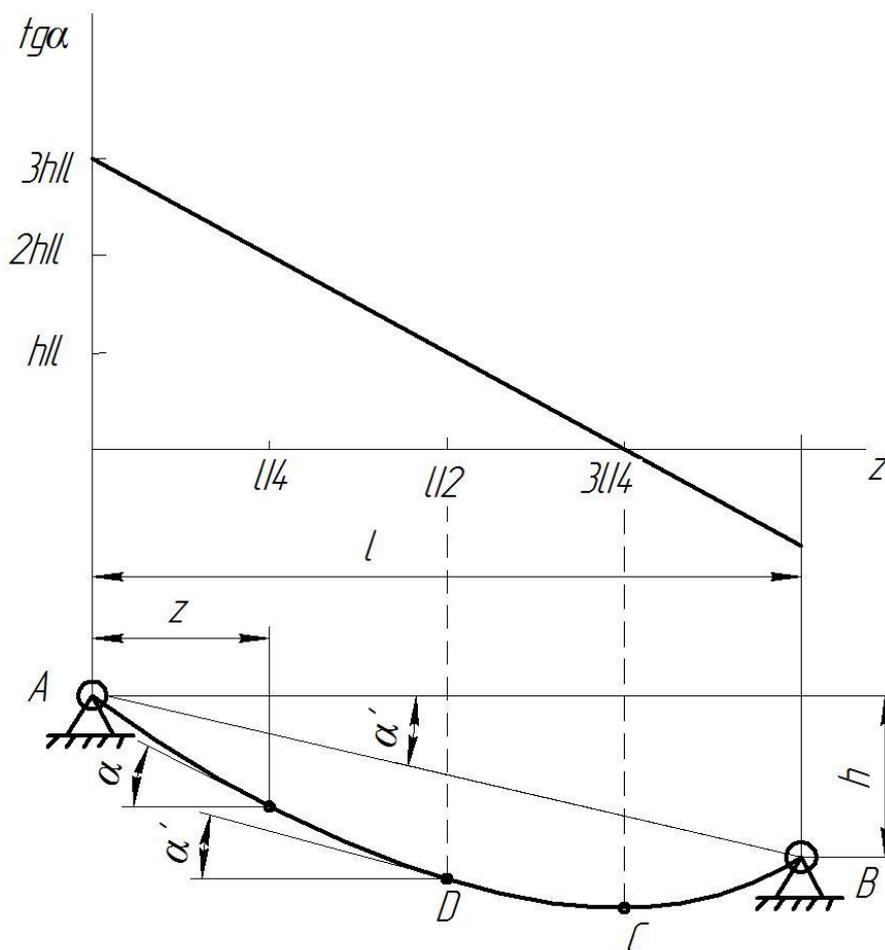


Рис. 5. Зависимость $tg\alpha$ от координат сечений z гибкого настила при

$$T_z(z) = \frac{ql^2}{4h}$$

Выводы

1. Аналитически установлено, что кочаны капусты после падения на гибкий настил будут откатываться на безопасное место (в зону накоп-

ления) при условии $tg\alpha > \mu$ (здесь α – угол наклона касательной настила к горизонту в точке падения кочана, μ – коэффициент трения качения кочана по поверхности гибкого настила).

2. При установке гибкого настила на опорах, находящихся на разных уровнях, кривая провисания имеет форму параболы, а зона максимального провиса (точка С) смещается от середины к краю настила.

3. Предпочтительной зоной отгрузки кочанов на гибком настиле является участок, ограниченный координатами $0 < z < l/2$ (здесь l – длина пролета настила). Зона накопления кочанов находится в окрестности наибольшего провисания настила.

Литература

1. Кручинкина И.С., Алатырев А.С. К вопросу снижения повреждаемости кочанов при машинной уборке капусты // Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. – Чебоксары, 2015. – С. 617–620.
2. Пат. 2554403 Российская Федерация, МПК А01D45/26. Способ уборки кочанной капусты и устройство для его осуществления / С.С. Алатырев, А.П. Юркин, В.В. Воронин [и др.]; заявитель и патентообладатель Алатырев С.С., Юркин А.П., Воронин В.В., Кручинкина И.С., Алатырев А.С. – № 2014110585/13; заявл. 19.03.2014; опубл. 27.06.2015, Бюл. №18.
3. Новый способ уборки кочанной капусты / С.С. Алатырев, И.С. Кручинкина, А.П. Юркин [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 5. – С. 18–20.
4. Пат. 2527025 Российская Федерация, МПК А01D45/26. Отгрузочное устройство капустоуборочной машины / А.С. Алатырев, А.О. Григорьев, В.В. Воронин [и др.]; заявитель и патентообладатель Алатырев А.С., Григорьев А.О., Воронин В.В., Алатырев С.С. – № 2014110585/13; заявл. 12.03.2013; опубл. 27.08.2014, Бюл. № 24.
5. Малогабаритный капустоуборочный комбайн – эффективное техническое средство для современного овощеводства / С.С. Алатырев, Н.Н. Тончева, А.О. Григорьев [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 3. – С. 14–17.

6. Алатырев А.С., Алатырев С.С. Определение места отгрузки кочанов капусты на упругом лотке // Продовольственная безопасность и устойчивое развитие АПК: мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. – 2015. – С. 550–554.

Литература

1. Kruchinkina I.S., Alatyrev A.S. K voprosu snizhenija povrezhdaemosti kochanov pri mashinnoj uborke kapusty // Prodovol'stvennaja bezopasnost' i ustojchivoe razvitie APK: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – Cheboksary, 2015. – S. 617–620.
2. Pat. 2554403 Rossijskaja Federacija, MPK A01D45/26. Sposob uborki kochannoj kapusty i ustrojstvo dlja ego osushhestvlenija / S.S. Alatyrev, A.P. Jurkin, V.V. Voronin [i dr.]; zjavitel' i patentoobladatel' Alatyrev S.S., Jurkin A.P., Voronin V.V., Kruchinkina I.S., Alatyrev A.S. – № 2014110585/13; zjajavl. 19.03.2014; opubl. 27.06.2015, Bjul. №18.
3. Novyj sposob uborki kochannoj kapusty / S.S. Alatyrev, I.S. Kruchinkina, A.P. Jurkin [i dr.] // Traktory i sel'hozmashiny. – 2015. – № 5. – S. 18–20.
4. Pat. 2527025 Rossijskaja Federacija, MPK A01D45/26. Otgruzochnoe ustrojstvo kapustouborochnoj mashiny / A.S. Alatyrev, A.O. Grigor'ev, V.V. Voronin [i dr.]; zjavitel' i patentoobladatel' Alatyrev A.S., Grigor'ev A.O., Voronin V.V., Alatyrev S.S. – № 2014110585/13; zjajavl. 12.03.2013; opubl. 27.08.2014, Bjul. № 24.
5. Malogabaritnyj kapustouborochnyj kombajn – jeffektivnoe tehničeskoe sredstvo dlja sovremennogo ovoshhevodstva / S.S. Alatyrev, N.N. Toncheva, A.O. Grigor'ev [i dr.] // Traktory i sel'hozmashiny. – 2010. – № 3. – S. 14–17.
6. Alatyrev A.S., Alatyrev S.S. Opredelenie mesta otgruzki kochanov kapusty na uprugom lotke // Prodovol'stvennaja bezopasnost' i ustojchivoe razvitie APK: mat-ly Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. – 2015. – S. 550–554.