

teta. – 2024. – No. 2 (232). – S. 86-92. – DOI 10.53083/1996-4277-2024-232-2-86-92.

4. Khabirov, F.F. Termoelektricheskii generator na biotoplive / F.F. Khabirov, V.S. Vokhmin, R.V. Sarvarova // Elektroenergetika segodnia i zavtra: sbornik nauchnykh statei 2-i Mezhdunarodnoi nauchno-tekhnicheskoi konferentsii, Kursk, 24 marta 2023 goda / Kurskaia gosudarstvennaia selskokhoziaistvennaia akademiia imeni I.I. Ivanova; Nauchno-obrazovatelnyi tsentr «Inzhener». T. 2. – Kursk: ZAO "Universitetskaia kniga", 2023. – S. 220-224.

5. Khabirov, F.F. Teoreticheskoe obosnovanie primeneniia termoelementov v sisteme dymootvedeniia kotelnoi / F.F. Khabirov, V.S. Vokhmin, D.D. Kharisov // Sovremennye tendentsii povyseniia energoeffektivnosti v inzhenernykh setiakh i ZhKKh: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii v ramkakh Vesennego foruma ZhKKh i stroitelstva, Ufa, 16–18 apreliia 2019 goda. – Ufa: Bashkirskii GAU, 2019. – S. 110-117.

6. Termoelektricheskie moduli i ustroistva na ikh osnove. Spravochnoe posobie. – Sankt-Peterburg: IPF «Krioterm», 2004. – 53 s.

7. Ogurechnikov L.A. Sravnitelnyi analiz nizkotemperaturnykh energosberegaiushchikh tekhnologii / L.A. Ogurechnikov // Promyshlennaia energetika. – 2001. – No. 2. – S. 7-10.

8. Korotkov, A.S. Modelirovanie termoelektricheskogo generatora na osnove MEMS tekhnologii / A.S. Korotkov, V.V. Loboda // Problemy razrabotki perspektivnykh mikro- i nanoelektronnykh sistem (MES). – 2016. – No. 4. – S. 71-76.

9. Landau L.D., Lifshits E.M. Teoreticheskaiia fizika T. VIII. Elektrodinamika sploshnykh sred. – Moskva: FIZMATLIT, 2005. – 656 s.

10. Khabirov, F.F. Modelirovanie raboty termoelektricheskogo generatora v programmnom komplekse ANSYS Workbench / F.F. Khabirov, V.S. Vokhmin // Izvestiia Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2024. – No. 1 (75). – S. 151-159. – DOI 10.24412/2078-1318-2024-1-151-159.

11. Karri, M., Thacher, E., Helenbrook, B. (2011). Exhaust energy conversion by thermoelectric generator: Two case studies. *Energy Conversion and Management*. 52. 1596-1611. DOI: 10.1016/j.enconman.2010.10.013.



УДК 631.358:635:34

DOI: 10.53083/1996-4277-2025-247-5-87-95

И.С. Кручинкина, А.С. Алатырев,
С.С. Алатырев, М.А. Пекунькин
I.S. Kruchinkina, A.S. Alatyrev,
S.S. Alatyrev, M.A. Pekunkin

ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ОТГИБА РАСТЕНИЙ КАПУСТЫ ПЕРЕД МАШИНОЙ УБОРКОЙ УРОЖАЯ

RESEARCH OF BENDING CABBAGE PLANTS BEFORE MACHINE HARVESTING

Ключевые слова: машинная уборка кочанной капусты, исследование процесса отгиба растений капусты.

Keywords: headed cabbage machine harvesting, study of cabbage plant bending.

Известные капустоуборочные машины не всегда выдают продукцию высокого качества. Зачастую качество среза кочанов не соответствует агротехническим требованиям. Исследователями установлено, что значительным препятствием на пути качественного среза кочанов режущим аппаратом капустоуборочного комбайна является отклонение растений капусты от оси рядка. В этой связи необходимо предусмотреть в режущих аппаратах капустоуборочных комбайнов выравнивание растений перед срезом относительно оси рядка путем отгиба. Экспериментально исследован данный процесс применительно к машинной уборке капусты. В экспериментах использовался прибор конструкции ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГАУ, предназначенный для исследования процесса резания растительного материала, модернизированный под решение данной задачи. Условия, при которых проводили исследования, были характерными для большинства зон возделывания капусты. В ходе исследований выяснилось, что момент сопротивления растений отгибу в начальный период нарастал интенсивно пропорционально углу отгиба, а затем (при углах отгиба от 20° до 30°) интенсивность нарастания его падала. Однако растения капусты сохраняли свою устойчивость состояния при углах отгиба γ до 30-35°. Такой отгиб возможен при отклонениях растений капусты с длиной кочерыги $l = 140-200$ мм при отклонениях места посадки растения капусты менее 10 см от оси рядка. Дальнейшее увеличение отклонения места посадки растений капусты от оси рядка недопустимо как по причине потери их устойчивости состояния, так и из-за превышения угла наклона среза кочерыг допустимого значения 30°.

The known cabbage harvesting machines do not always produce high-quality products. Often, the quality of the cutoff of cabbage heads does not meet the agrotechnical requirements. It has been found that a significant obstacle to the high-quality cutting of cabbage heads by the cutting device of a cabbage harvester is the deviation of cabbage plants from the axis of the row. In this regard, it is necessary to provide for the alignment of cabbage plants before cutting relative to the axis of the row by bending in the cutting devices of cabbage harvesters. This process is experimentally investigated in relation to machine harvesting of cabbage. In the experiments, the device designed at the Saint Petersburg State Agricultural University was used. It was intended for the study of the process of cutting plant material and updated for the solution of this problem. The conditions under which the research was conducted were typical for most cabbage growing areas. It was found that the moment of resistance of cabbage plants to bending at the initial stage increased intensively in proportion to the angle of bending, and then (at bending angles from 20° to 30°) its intensity decreased. However, cabbage plants maintained their stability at bending angles γ up to 30...35°. Such a bend may be used if cabbage plants with stump length of $l = 140...200$ mm deviate from the planting site of the cabbage plant less than 10 cm from the axis of the row. A further increase in the deviation of the cabbage planting site from the axis of the row is not possible both because of the loss of their stability and because the angle of inclination of the stump cut exceeds the permissible value of 30°.

Кручинкина Ирина Сергеевна, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, г. Чебоксары, Российская Федерация, e-mail: irinka58.84@mail.ru.

Алатырев Алексей Сергеевич, д.т.н., доцент, ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, г. Чебоксары, Российская Федерация, e-mail: Leha.alatyrev@mail.ru.

Алатырев Сергей Сергеевич, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, г. Чебоксары, Российская Федерация, e-mail: S_Alatyrev1955@mail.ru.

Пекункин Максим Александрович, аспирант, ФГБОУ ВО Чувашский ГАУ, г. Чебоксары, Российская Федерация, e-mail: max_pekunkin@mail.ru.

Kruchinkina Irina Sergeevna, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chuvash State Agricultural University, Cheboksary, Russian Federation, e-mail: irinka58.84@mail.ru.

Alatyrev Aleksey Sergeevich, Dr. Tech. Sci., Assoc. Prof., Chuvash State Agricultural University, Cheboksary, Russian Federation, e-mail: Leha.alatyrev@mail.ru.

Alatyrev Sergey Sergeevich, Dr. Tech. Sci., Prof., Chuvash State Agricultural University, Cheboksary, Russian Federation, e-mail: S_Alatyrev1955@mail.ru.

Pekunkin Maksim Aleksandrovich, post-graduate student, Chuvash State Agricultural University, Cheboksary, Russian Federation, e-mail: max_pekunkin@mail.ru.

Введение

Белокочанная капуста – самая доступная, богатая витаминами продукция, являющаяся одной из основных овощных культур во многих странах [1-3].

Ежегодно ее возделывают в нашей стране на площадях около 80 тыс. га [4]. При этом уборка урожая сопровождается значительными трудозатратами [5, 6]. Учитывая острую необходимость механизации уборки кочанной капусты в настоящее время в России и за рубежом

(в странах Европы, США, Канаде, Японии и Китае) [7-9], многие ученые интенсивно работают над созданием капустоуборочных комбайнов. Однако известные капустоуборочные комбайны выдают продукцию невысокого качества. Зачастую качество среза кочанов не соответствует агротехническим требованиям [10]. Исследованиями установлено, что значительным препятствием на пути качественного среза кочанов режущим аппаратом капустоуборочного комбайна является отклонение расположения рас-

тений капусты от оси рядка [11]. Так, отклонение места посадки его от оси рядка может составлять до 13 см. В связи этим в режущих аппаратах капустоуборочных комбайнов необходимо предусмотреть выравнивание кочанов перед срезом по оси рядка путем отгиба [10, 12]. Однако в настоящее время процесс отгиба растений капусты не изучен в достаточной степени.

Целью исследований является изучение сопротивляемости растений капусты к отгибу в период массовой уборки урожая. Исследования проводили на сорте капусты Подарок.

Объект и методы исследований

В исследованиях использовали прибор конструкции ФГБОУ ВО Санкт-Петербургский ГАУ (бывшего ЛСХИ) [13].

«Прибор состоит из рамы 1, в направляющих которой установлена подвижная рамка 2 с жестко закрепленным на ней барабаном 4. Внутри барабана размещены сменная силоизмерительная пружина 5 и винт 10, имеющий возможность совершать поступательное движение в направляющей 6» (рис. 1) [14, с. 187].

«Пишущее устройство 9 крепится жестко к винту, а диаграммная бумага 8 – на барабане 4, надетом на подшипники 7. Поворот барабана осуществляется при помощи гайки с вилкой 3 после нажатия на рукоятку 12» [15, с. 67].

Прибор модернизировали, установив на стойке 13 со шпорами для фиксации на почве и закрепив на конце винта 10 роликковую опору 11, взаимодействующую с полиспастом 14 для фиксации усилия отгиба.

Экспериментальная часть

Условия, при которых проводили исследования, представлены в таблице 1.

При исследовании процесса отгиба растения капусты прибор устанавливали рядом с ним, вдавливая шпоры в почву. Отгиб осуществлялся сообщением роликковой опоре 11 движения вниз в полиспасте 14 путем надавливания на рукоятку 12. При этом отгиб растения капусты и изменение усилия отгиба с учетом кратности полиспаста $k = 2$ фиксировались на диаграммной бумаге 8.

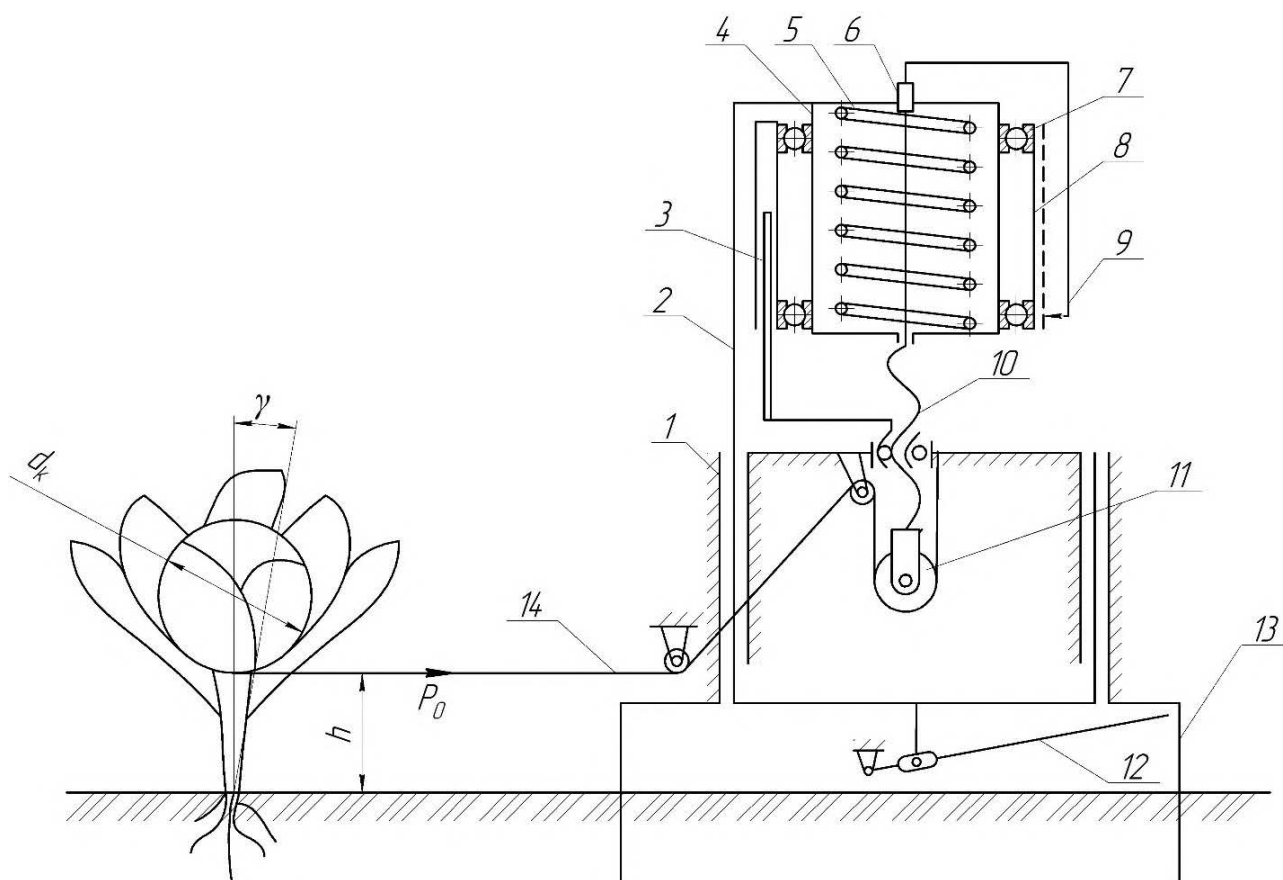


Рис. 1. Прибор для исследования процесса отгиба растения капусты

Таблица 1

Характеристика условий проведения исследований процесса отгиба растений капусты [14]

Наименование показателей	Значение показателей
Сорт капусты	Подарок
Тип почвы	Торфянисто-подзолистый
Вид предшествующей обработки	Окучивание
Влажность почвы (%) в слоях на глубине, мм	
0-50	28,52
50-100	29,56
100-150	30,45
Твердость почвы (МПа) в слоях на глубине, мм	
0-50	0,30
50-100	0,44
100-150	0,57

«Значение момента сопротивления растения капусты отгибу при различных значениях угла γ (с шагом 5°) определяли с учетом его составляющих: момента отгиба M_0 и момента M_G от собственного веса G » [14, с. 192].

Составляющая M_0 определялась по диаграмме отгиба согласно выражению:

$$M_0 = P_0 \cdot h \cdot \cos \gamma, \quad (1)$$

где P_0 – усилие на канате;

h – длина кочерыжки;

γ – угол отгиба растения капусты.

«При этом отклонение линии действия силы P_0 от горизонтали в пределах $\gamma < 45^\circ$ незначительно (менее 3°), поэтому в выражении (1) оно не получило отражения» [14, с. 192].

«При вычислении составляющей M_G принято допущение, что центр масс растения капусты совпадает с геометрическим центром кочанов, т.е. воспользовались упрощенной формулой» [14, с. 192]:

$$M_G = G(h + d_k/2) \sin \gamma, \quad (2)$$

где G – вес кочана капусты;

d_k – диаметр кочана капусты.

Результаты исследований и их обсуждение

Значения момента сопротивления растения капусты $M_c = M_0 + M_G$ при различных углах отгиба γ приведены в таблице 2.

Для удобства анализа данные таблицы 2, полученные при $\gamma = 10^\circ$, $\gamma = 20^\circ$, $\gamma = 30^\circ$ и $\gamma = 40^\circ$ соответственно, подвергались статистической обработке, результаты которой приведены на рисунке 2.

В процессе отгиба растения момент сопротивления отгибу в начальный период (при отги-

бе в пределах от 0 до 20°) нарастает пропорционально углу отгиба γ (рис. 2). Затем при отгибе от 20 до 30° интенсивность нарастания момента сопротивления несколько падает [14]. Кривая зависимости математических ожиданий M распределений случайной величины M_c от угла отгиба γ аппроксимируется выражением:

$$M = -7,8665 + 14,4374 \cdot \lg \gamma.$$

При дальнейшем отгибе он постепенно перестает увеличиваться, растение капусты теряет устойчивость состояния. Такой характер изменения момента сопротивления растения отгибу объясняется прежде всего существенным влиянием на процесс отгиба веса кочана, а также тем, что при отгибе происходит постепенное разрушение связей растения с почвой [14].

Следует заметить, что характер распределения значений моментов сопротивления во всем диапазоне углов отгиба γ в основном подчиняется нормальному закону, т.е. числа реализаций m значений момента отгиба (случайной величины) M_c распределяются по закону:

$$m = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{-\frac{(M_c - M)^2}{2\sigma^2}},$$

где M, σ – соответственно, математические ожидания и среднеквадратические отклонения, которые приведены на рисунке 2 около соответствующих гистограмм.

Небольшая асимметрия распределения момента сопротивления отгибу, на наш взгляд, объясняется сортовыми особенностями капусты.

Таблица 2

Сопротивление растения капусты сорта Подарок отгибу

№ диаграмм	Момент сопротивления M_c (Н·м) при углах отгиба								
	5°	10°	15°	20°	25°	30°	35°	40°	45°
1	1,8	3,0	3,6	5,1	5,2	6,1	6,3	6,3	6,7
2	5,0	9,1	12,1	14,0	14,4	14,6	14,7	15,3	15,7
3	5,9	8,3	9,8	12,3	12,8	13,2	13,7	14,1	14,9
4	4,3	9,1	11,3	15,1	15,1	17,5	19,1	20,8	21,7
5	3,4	6,8	7,6	8,7	9,4	10,3	10,8	10,8	11,2
6	6,8	10,9	13,1	14,6	15,6	17,1	18,5	19,5	19,9
7	5,0	8,2	10,8	14,0	16,6	19,3	21,3	23,0	24,0
8	2,7	4,2	5,6	7,1	8,8	10,3	11,1	12,0	13,1
9	5,2	7,0	8,1	9,3	10,2	11,3	12,3	12,6	13,0
10	4,0	5,5	8,2	8,9	11,3	12,8	15,2	16,4	17,3
11	2,5	3,9	5,2	6,5	7,4	8,8	9,3	10,1	11,0
12	3,0	5,7	7,5	9,1	10,6	11,8	13,2	14,7	15,2
13	2,8	4,3	5,4	6,5	7,3	8,5	9,1	9,8	10,3
14	3,3	5,5	10,2	12,5	11,9	12,5	12,8	13,4	12,9
15	3,2	5,0	6,5	7,6	9,3	11,0	12,3	13,0	13,5
16	3,6	5,5	7,9	10,3	12,9	13,2	15,9	16,8	17,4
17	3,9	6,4	9,0	10,9	14,1	16,0	18,0	19,5	19,9
18	3,9	7,1	10,2	11,6	13,3	14,9	16,1	16,0	16,0
19	3,9	6,8	8,5	9,9	12,9	16,1	16,9	18,8	20,6
20	4,2	9,0	13,5	16,7	19,7	21,4	22,2	22,0	22,0
21	3,7	7,4	9,6	11,3	13,0	14,6	15,6	16,7	16,9
22	3,6	7,2	10,0	11,5	12,3	12,7	13,1	13,4	13,8
23	3,7	6,9	8,6	10,3	13,2	14,8	16,3	17,8	18,6
24	5,1	7,9	10,3	12,3	13,5	14,7	15,2	16,0	16,6

Следует отметить, растение капусты при отгибах до 30-35° сохраняют устойчивость состояния, т.е. сопротивляется дальнейшему нарастанию угла γ . Это значение соответствует смещению растений капусты длиной кочерыги $l = 140-200$ мм от оси рядка на величину ± 100 мм. Следовательно, при соблюдении в ходе посадки данного допустимого отклонения растений капусты от оси рядка можно обеспечивать качественное выравнивание и срезание их при машинной уборке кочанной капусты. Однако при этом исключать косой срез кочерыг некоторой части кочанов невозможно.

Выводы

1. На качественный машинный срез кочанов существенным образом влияет расположение

растений капусты в рядках, в частности их отклонение относительно оси рядка.

2. В этой связи в режущих аппаратах капустоуборочных машин предусматривают выравнивание их перед срезом путем отгиба к оси рядков.

3. Исследованиями установлено, что прочность связей растений капусты позволяет отгибать их до 30-35°, сохраняя устойчивость. С учетом математических ожиданий исследуемой случайной величины при разных углах отгиба γ считаем допустимым отклонения растений капусты длиной кочерыг 140-200 мм перед уборкой относительно оси рядка в пределах ± 10 см. Дальнейшее увеличение отклонения места посадки растений от оси рядка ограничивается как по причине потери их устойчивости, так и из-за превышения угла наклона среза кочерыг допустимого значения 30°.

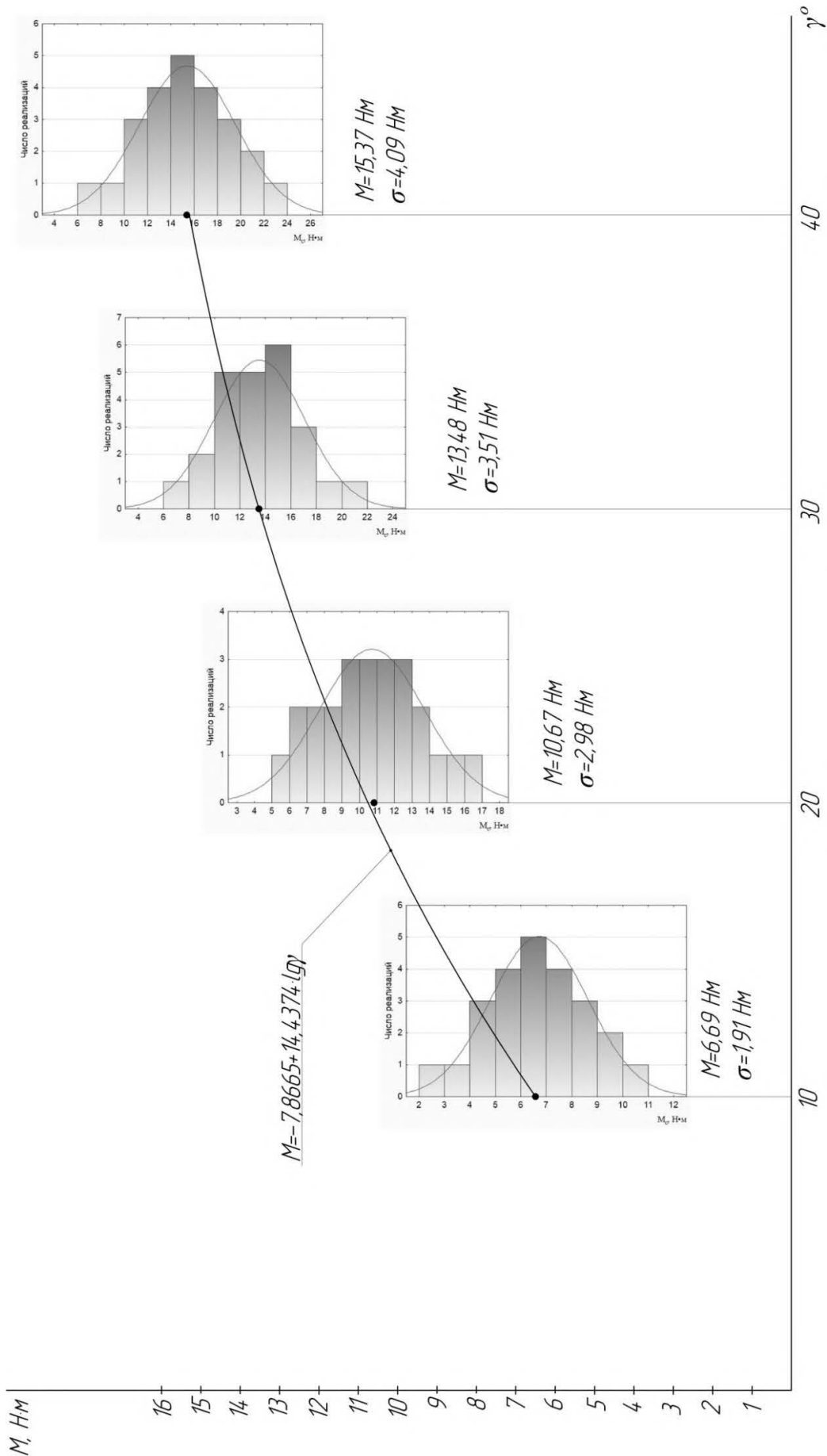


Рис. 2. Гистограммы, кривые нормального распределения моментов сопротивления M_c растений капусты сорта Подарок к отгибу и зависимость их математических ожиданий M от углов отгиба γ

Библиографический список

1. Касимов, Н. Г. К вопросу выращивания капусты на территории Российской Федерации и импортозамещения / Н. Г. Касимов, В. И. Константинов, У. И. Константинова. – Текст: непосредственный // Научное и кадровое обеспечение АПК для продовольственного импортозамещения: материалы Всероссийской научно-практической конференции, Ижевск, 16-19 февраля 2016 года / Министерство сельского хозяйства Российской Федерации, ФГБОУ ВПО «Ижевская государственная сельскохозяйственная академия». – Ижевск: Ижевская государственная сельскохозяйственная академия, 2016. – Т. 3. – С. 23-26.
2. Никитин, В. С. Оценка белокочанной капусты к механизированной уборке / В. С. Никитин, Н. А. Емельянов. – Текст: непосредственный // Молодежь и инновации: материалы XIX Всероссийской (национальной) научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, Чебоксары, 10 марта 2023 года. – Чебоксары: Чувашский государственный аграрный университет, 2023. – С. 501-504.
3. Алатырев, С. С. Техника и технологии для уборки кочанной капусты: обзор, теория, технологический расчет, развитие / С. С. Алатырев, И. С. Кручинкина, А. С. Алатырев. – Чебоксары: Чувашский государственный университет имени И.Н. Ульянова, 2020. – 238 с. – ISBN 978-5-7677-3153-4. – Текст: непосредственный.
4. Алатырев, А. С. Обоснование технологии и технического средства уборки капусты в условиях малых форм хозяйствования: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Алатырев Алексей Сергеевич, 2024. – 401 с. – Текст: непосредственный.
5. Городков, В. П. Тенденции развития конструкций машин для уборки кочанной капусты: обзор / В. П. Городков, Н. В. Романовский, В. А. Хвостов; (Обзор информации. Серия: Сельскохозяйственные машины и орудия). – Москва: ЦНИИТЭИ Тракторосельхозмаш, 1982. – 25 с. – Текст: непосредственный.
6. Исенев, С. Б. Совершенствование технологического процесса механизированной уборки капусты: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / С. Б. Исенев. – Челябинск, 1983. – 163 с. – Текст: непосредственный.
7. Alatyrev, S., Kruchinkina, I., Alatyrev, A., Vasilyev, A., Andreev, R. (2020). Technology and parameters of cabbage machine harvesting by careful stacking of heads in containers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 433. 012005. DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012005.
8. Kanamitsu, M., Yamamoto K. (1996). Development of Chinese cabbage harvester. *Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ)*. 30 (1): 35-41.
9. Du D., Fei G., Wang J., et al. (2015). Development and experiment of self-propelled cabbage harvester. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 31 (14): 16-23. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.14.003.
10. Алатырев, С. С. Параметры и режимы работы усовершенствованного срезающего аппарата клавишного типа для повышения эффективности капустоуборочной машины: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Алатырев Сергей Сергеевич. – Ленинград; Пушкин, 1987. – 211 с. – Текст: непосредственный.
11. Шумер, А. Р. Исследование и обоснование рабочего органа для уборки кочанной капусты: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Шумер Александр Романович. – Киев, 1973. – 141 с. – Текст: непосредственный.
12. Костюченков, Н. В. Совершенствование технологического процесса и средства механизации уборки белокочанной капусты: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук: / Костюченков Николай Васильевич. – Челябинск, 1999. – 401 с. – Текст: непосредственный.
13. Мельников, С. В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм: учебное пособие / С. В. Мельников. – Ленинград: Колос. Ленингр. отд-ние, 1978. – 560 с. – Текст: непосредственный.
14. Алатырев, С. С. Научно-методические основы и средства адаптирования машин для уборки капусты к изменяющимся условиям

функционирования: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Алатырев Сергей Сергеевич. – Чебоксары, 2005. – 397 с. – Текст: непосредственный.

15. Савеличев, К. А. Обоснование и разработка устройства для товарной обработки кочанов в капустоуборочном комбайне: специальность 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Савеличев Константин Александрович. – Чебоксары, 2010. – 157 с. – Текст: непосредственный.

References

1. Kasimov, N.G. K voprosu vyrashchivaniia kapusty na territorii Rossiiskoi Federatsii i importozameshcheniia / N.G. Kasimov, V.I. Konstantinov, U.I. Konstantinova // Nauchnoe i kadrovoe obespechenie APK dlia prodovolstvennogo importozameshcheniia: Materialy Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, Izhevsk, 16–19 fevralia 2016 goda / Ministerstvo selskogo khoziaistva Rossiiskoi Federatsii, FGBOU VPO "Izhevskaiia gosudarstvennaia selskokhoziaistvennaia akademiia". T. 3. – Izhevsk: Izhevskaiia GSKhA, 2016. – S. 23-26.
2. Nikitin, V.S. Otsenka belokochannoi kapusty k mekhanizirovannoi uborkе / V.S. Nikitin, N.A. Emelianov // Molodezh i innovatsii: Materialy XIX Vserossiiskoi (natsionalnoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii molodykh uchenykh, aspirantov i studentov, Cheboksary, 10 marta 2023 goda. – Cheboksary: Chuvashskii GAU, 2023. – S. 501-504.
3. Alatyrev, S.S. Tekhnika i tekhnologii dlia uborki kochannoi kapusty: obzor, teoriia, tekhnologicheskii raschet, razvitie / S.S. Alatyrev, I.S. Kruchinkina, A.S. Alatyrev. – Cheboksary: Chuvashskii gosudarstvennyi universitet imeni I.N. Ulianova, 2020. – 238 s.
4. Alatyrev, A.S. Obosnovanie tekhnologii i tekhnicheskogo sredstva uborki kapusty v usloviakh malykh form khoziaistvovaniia: dissertatsiia na soiskanie uchenoi stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Alatyrev Aleksei Sergeevich, 2024. – 401 s.
5. Gorodkov, V.P. Tendentsii razvitiia konstruksii mashin dlia uborki kochannoi kapusty / V.P. Gorodkov, N.V. Romanovskii, V.A. Khvostov // Obzor inform. TsNIITEI Traktoroselkhoz mash. Ser. «Selskokhoziaistvennye mashiny i orudiia». – Moskva, 1982. – 25 s.
6. Isenev, S.B. Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo protsessa mekhanizirovannoi uborki kapusty: spetsialnost 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii selskogo khoziaistva": dissertatsiia na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. – Cheliabinsk, 1983. – 163 s.
7. Alatyrev, S., Kruchinkina, I., Alatyrev, A., Vasilyev, A., Andreev, R. (2020). Technology and parameters of cabbage machine harvesting by careful stacking of heads in containers. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 433. 012005. DOI: 10.1088/1755-1315/433/1/012005.
8. Kanamitsu, M., Yamamoto K. (1996). Development of Chinese cabbage harvester. *Japan Agricultural Research Quarterly (JARQ)*. 30 (1): 35-41.
9. Du D., Fei G., Wang J., et al. (2015). Development and experiment of self-propelled cabbage harvester. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 31 (14): 16-23. DOI: 10.11975/j.issn.1002-6819.2015.14.003.
10. Alatyrev, S.S. Parametry i rezhimy raboty usovershenstvovannogo srezaiushchego apparata klavishnogo tipa dlia povysheniia effektivnosti kapustouborochnoi mashiny: spetsialnost 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii selskogo khoziaistva": dissertatsiia na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. – Leningrad-Pushkin, 1987. – 211 s.
11. Shumer, A.R. Issledovanie i obosnovanie rabocheho organa dlia uborki kochannoi kapusty: spetsialnost 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii selskogo khoziaistva": dissertatsiia na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. – Kiev, 1973. – 141 s.
12. Kostiuhenkov, N.V. Sovershenstvovanie tekhnologicheskogo protsessa i sredstva mekhanizatsii uborki belokochannoi kapusty: spetsialnost 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii selskogo khoziaistva": dissertatsiia na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk. – Cheliabinsk, 1999. – 401 s.
13. Melnikov, S.V. Mekhanizatsiia i avtomatizatsiia zhivotnovodcheskikh ferm: ucheb. posobie / S.V. Melnikov. – Leningrad: Kolos. Leningr. otdnie, 1978. – 560 s.

14. Alatyrev, S.S. Nauchno-metodicheskie osnovy i sredstva adaptirovaniia mashin dlia uborki kapusty k izmeniaiushchimsia usloviiam funktsionirovaniia: spetsialnost 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii selskogo khoziaistva": dissertatsiia na soiskanie uchenoi stepeni doktora tekhnicheskikh nauk / Alatyrev Sergei Sergeevich. – Cheboksary, 2005. – 397 s.

15. Savelichev, K.A. Obosnovanie i razrabotka ustroistva dlia tovarnoi obrabotki kochanov v kapustouborochnom kombine: spetsialnost 05.20.01 "Tekhnologii i sredstva mekhanizatsii selskogo khoziaistva": dissertatsiia na soiskanie uchenoi stepeni kandidata tekhnicheskikh nauk / Savelichev Konstantin Aleksandrovich. – Cheboksary, 2010. – 157 s.

