

УДК 631.3: 633.71

UDC 631.3: 633.71

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

05.20.01 – Technologies and means of mechanization of agriculture (technical sciences)

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ УНИВЕРСАЛЬНОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ОБМОЛОТА СОЦВЕТИЙ ВЫСОКОСТЕБЕЛЬНЫХ КУЛЬТУР НА КОРНИЮ (НА ПРИМЕРЕ ТАБАКА)

OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF UNIVERSAL OPERATING DEVICE FOR THRASHING BOLLS OF TALL-STALK CROPS REMAINING THEM IN SOIL (ON THE EXAMPLE OF TOBACCO)

Виневский Евгений Иванович
д.т.н., профессор
РИНЦ SPIN-код: 7273-9453
главный научный сотрудник
vniitti1@mail.kuban.ru
ВНИИ табака, махорки и табачных изделий, Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 42

Vinevskii Evgeny Ivanovich
Dr.Sci.Tech., Professor
RSCI SPIN-code: 7273-9453
chief researcher
vniitti1@mail.kuban.ru
All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Krasnodar, Russia

Троший Олег Викторович
РИНЦ SPIN-код: 1267-8246
Начальник учебной части, заместитель начальника военного учебного центра
ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И. Т. Трубилина», 350044, Россия, г. Краснодар, ул. Калинина, 13

Troshhij Oleg Viktorovich.
RSCI SPIN-code: 1267-8246
Head of the training unit, deputy head of the military training center
IN FGBOU "Kuban state agrarian University named after I. T. Trubilin", 350044, Russia, Krasnodar, Kalina, 13

Виневская Наталия Николаевна
к.т.н., РИНЦ SPIN-код: 8795-7290
Ведущий научный сотрудник
ФГБНУ ВНИИ табака, махорки и табачных изделий, Россия, 350072, г. Краснодар, ул. Московская, 42

Vinevskaia Natalia Nikolaevna
Candidate of technical Sciences
RSCI SPIN-code: 8795-7290
All-Russian Research Institute of tobacco, makhorka and tobacco products, Krasnodar, Russia

Представлены результаты экспериментальных исследований по оптимизации параметров универсального рабочего органа для обмолота соцветий табака. Для осуществления технологии многократного обмолота соцветий с одновременно созревающими семенами при разработке соответствующего рабочего органа был использован принцип дифференцированного обмолота соцветий, заключающийся в учете различных значений упругих и пластичных свойств зрелых и незрелых коробочек соцветий. Целью исследования являлась оптимизация параметров универсального рабочего органа для обмолота соцветий различных сельскохозяйственных культур. Был использован математический метод планирования многофакторного эксперимента. Получена регрессивная модель полноты сбора семян в зависимости от параметров и режимов работы рабочего органа для обмолота соцветий. Оптимизированы параметры технологического процесса и режимов работы рабочего органа для обмолота соцветий: скорость машины; частота вращения битера; толщина битера. В качестве критерия оптимизации приняли выход семян. Установлено следующее: из исследуемых факторов наибольшее влияние на критерий оптими-

The study presents results of experimental researches on optimization of the parameters of universal operating device for thrashing tobacco bolls. To perform technology of multiple thrashing of bolls with not uniform ripening time for elaborating of operating device principle of differential bolls thrashing was utilized, which is based on considering different elastic and plastic properties of ripe and unripe bolls. Aim of the research was the optimization of the parameters of universal operating device for thrashing agricultural crops. Method for mathematical planning of the multifactorial experiment was utilized. Regressive model of the completeness of seed harvesting, depending on the parameters and working regimes of operating device for thrashing bolls was obtained. Parameters of the technological process and regimes for operating device for thrashing bolls were optimized. They are: machine velocity, beater rate, beater diameter. Seed output was considered as criterion of optimization. It was discovered: from all studied factors machine velocity has the greatest effect on optimization criterion, increasing beater diameter in 6.3 times leads to 1.3 time increasing of seed output; increasing beater rotation rate in 7.3 times leads to 3.5 time increasing of seed output; increasing machine velocity in 7.3 times leads to 3.9 time decreasing of seed output. In order to provide the

зации оказывает скорость машины; с повышением толщины бitera в 6,3 раза выход семян повышается в 1,3 раза; повышение частоты вращения бitera в 7,3 раза позволило повысить выход семян в 3,5 раза; повышение рабочей скорости в 7,3 раза снижает выход семян в 3,9 раза. Для обеспечения требуемых показателей качества работы универсального рабочего органа для дифференцированного обмолота соцветий на корню растений табака рекомендуются следующие его параметры: скорость машины – 3 км/час; частота вращения бitera: I проход – 300 мин⁻¹; II и III проходы – 82,3 мин⁻¹; IV проход – 500 мин⁻¹; толщина бича – 6 мм

desired quality indicators after work of universal operating device for differential threshing of tobacco bolls remaining tobacco plants in the soil the following parameters are recommended: machine velocity 3 km/h; beater rotation rate: I pass – 300 min⁻¹; II and III pass – 82.3 min⁻¹; IV pass - 500 min⁻¹; beater diameter 6 – mm

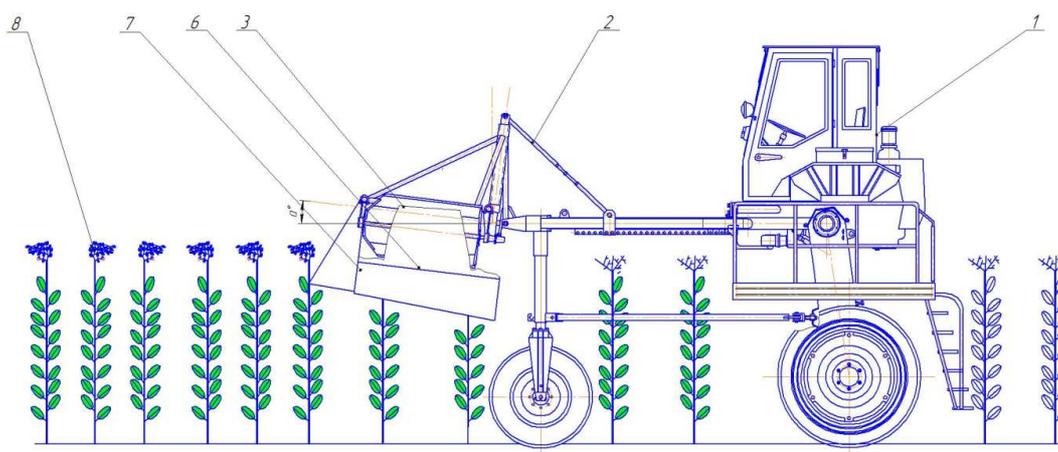
Ключевые слова: СОЦВЕТИЕ, СЕМЕНА, ТАБАК, ОПТИМИЗАЦИЯ, ЭКСПЕРИМЕНТ, ФАКТОРЫ, КРИТЕРИЙ

Keywords: INFLORESCENCE, SEEDS, TOBACCO, OPTIMIZATION, EXPERIMENT, FACTORS, CRITERION

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-179-001>

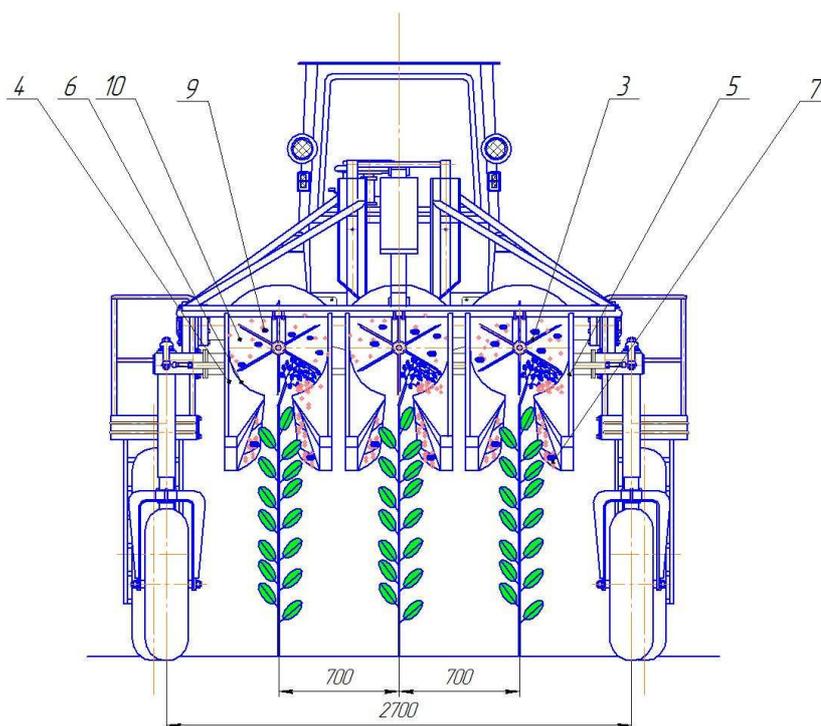
Механизация процессов производства семян различных сельскохозяйственных культур, в том числе и табака, затрудняется рядом причин, связанных с биологическими особенностями цветения и созревания семян [1-3].

В 80-х годах XX века была разработана машинная технология уборки семян табака и махорки путем обмолота соцветий на корню растений машиной для уборки семян (рисунок 1, 2), позволяющая повысить производительность труда в сравнении с ручной уборкой 14 раз [4, 5].



1 – высококлиренсное энергетическое средство; 2 – устройство для очесывания соцветий; 3 – мотовило; 6 – семеуловнитель; 7 - мешок для сбора семян; 8 – соцветие табака.

Рисунок 1. Схема машины для сбора семян (вид сбоку)



3 – мотовило; 4 - обтекатель правый; 5 – обтекатель левый; 6 – се-
меуловнитель; 7 - мешок для сбора семян; 9 – коробочки; 10 – семена

Рисунок 2. Схема машины для сбора семян (вид спереди)

Для осуществления технологии многократного обмолота соцветий с
неодновременно созревающими семенами на корню растений разработан
рабочий орган для дифференцированного обмолота соцветий в составе
устройства для сбора семян табака и махорки (рис.3) [6, 7]. В основу тех-
нологического процесса, осуществляющимся им, заложен принцип диффе-
ренцированного обмолота соцветий, заключающийся в учете различных
значений упругих и пластичных свойств зрелых и незрелых коробочек со-
цветий в сравнении с эластичными бичами, имеющими различную жест-
кость.

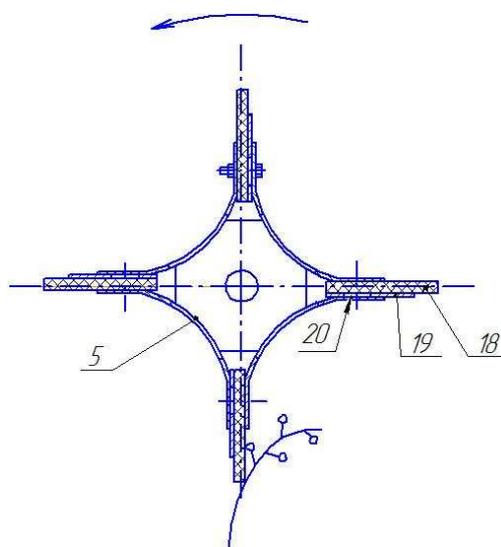
Исходя из выше изложенного, целью исследования являлось оптими-
зация параметров универсального рабочего органа для дифференцирован-
ного обмолота соцветий на примере растений табака.

Задачами исследований являлись:

- изучение влияния параметров и режимов работы рабочего органа для дифференцированного обмолота соцветий табака на полноту сбора семян;

- на основании сформулированных критериев эффективности обоснование оптимальных параметров и режимов работы рабочего органа для дифференцированного обмолота соцветий табака.

Для этого был использован математический метод планирования многофакторного эксперимента.



5 – битуер; 18 - сменные бичи; 19 – пластина; 20 – пазы

Рисунок 3. Схема рабочего органа для дифференцированного обмолота соцветий

В качестве критерия оптимизации приняли полнота сбора семян Y , %, определяемый по формуле:

$$Q_{\text{сем}} = \frac{m_{\text{обм}}}{m_{\text{обм}} + m_{\text{необм}}} \quad (1)$$

где $m_{\text{обм}}$ – масса обмолоченных семян машиной, г;

$m_{\text{необм}}$ – масса необмолоченных семян (оставшихся в коробочках), г.

Необходимо отметить, что ранее проведенными исследованиями [7] установлено, что в первый проход семяуборочной машины количество зрелых семян составляет 30...35 %, во второй и третий проходы – 13...15%, а четвертый проход – 35...40%.

В таблице 1 приведены интервалы варьирования и условия кодирования независимых переменных: скорость машины (км/ч) $V_{машины}$ (X_1), частота вращения битера (мин⁻¹) $n_{битер}$ (X_2) и толщина бича (мм) S (X_3).

Уровни факторов	Факторы		
	X1	X2	X3
-1,215	0,8	82,3	1,6
-1	1	100	2
0	3	300	4
1	5	500	6
1,215	6	607	7,3

Таблица 1. Основные факторы и уровни их варьирования

После реализации опытов и обработки их результатов с помощью пакетов прикладных программ получена регрессивная модель полноты сбора семян в зависимости от параметров и режимов работы рабочего органа для обмолота соцветий табака.

Уравнение поверхности отклика (регрессивная модель) в кодированных значениях факторов имеет следующий вид:

$$Y=3,8-2,8X_1+2,4X_2+2,7X_3+1,4X_1^2+1,0X_3^2-1,2X_1X_2-2,0X_1X_3+2,2X_2X_3 \quad (2)$$

Анализ уравнения регрессии (2) показывает, что из исследуемых факторов наибольшее влияние на критерий оптимизации Y (полнота сбора семян) оказывает скорость машины (X_2).

На рисунках 4 – 6 представлены поверхности отклика влияния скорости машины (X_1) и чистоты вращения битера (X_2) при различных толщинах бича (X_3) на выход семян Y , анализ которых позволил сделать следующие выводы:

- с повышением толщины бича (X_3) в 6,3 раза (с 1,6мм до 10 мм) полнота сбора семян повышается в 1,3 раза;

- повышение частоты вращения бича (X_2) в 7,3 раза (с $82,3 \text{ мин}^{-1}$ до $607,5 \text{ мин}^{-1}$) позволило повысить полноту сбора семян в 3,5 раза;

- повышение рабочей скорости (X_1) в 7,3 раза (с 0,82 км/ч до 6,0 км/ч) снижает полноту сбора семян в 3,9 раза.

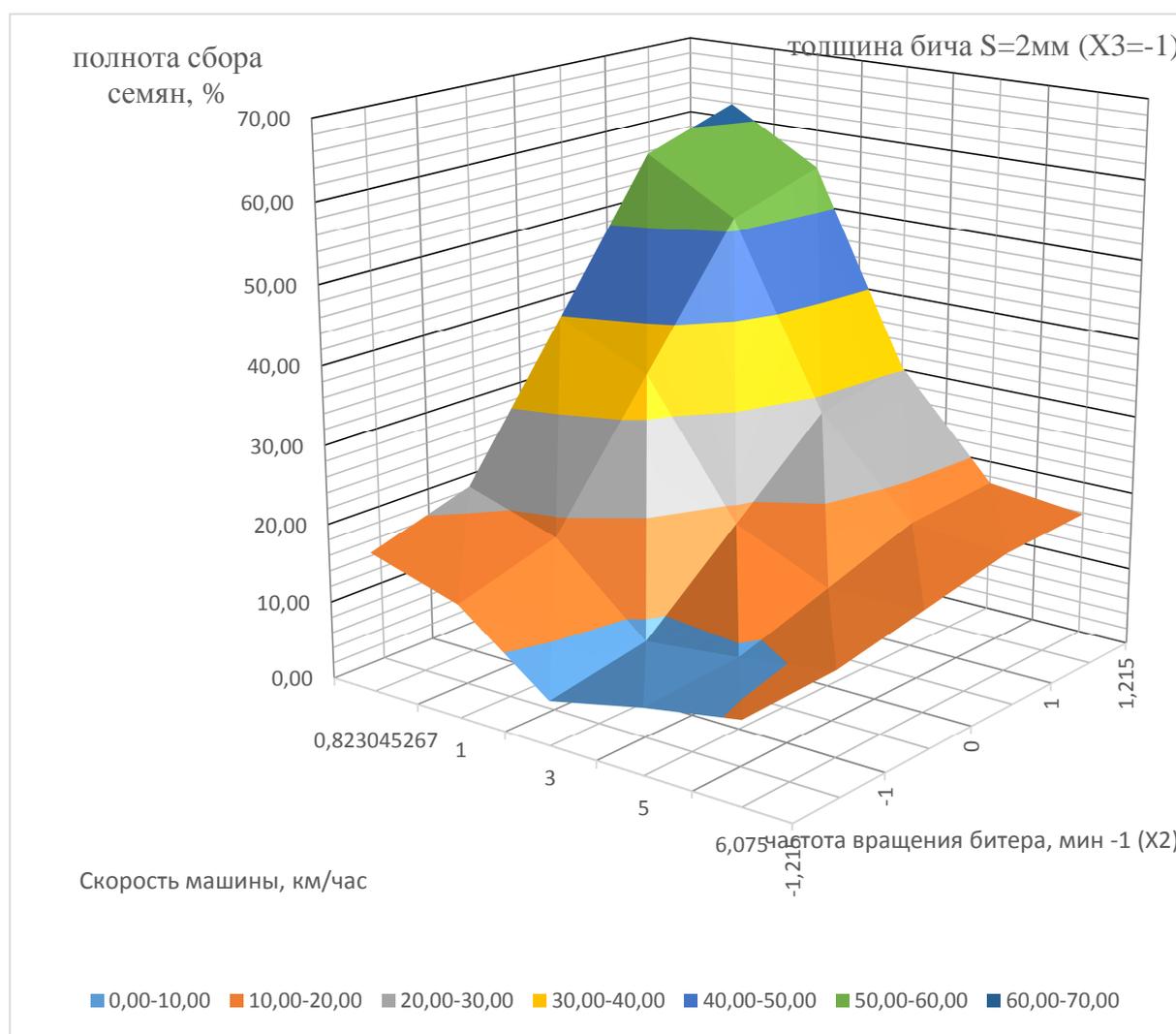


Рисунок 4. Поверхность отклика зависимости выхода семян от скорости машины (X_1) и частоты вращения бичера (X_2) (при толщине бича $S = 2 \text{ мм}$ ($X_3 = -1$))

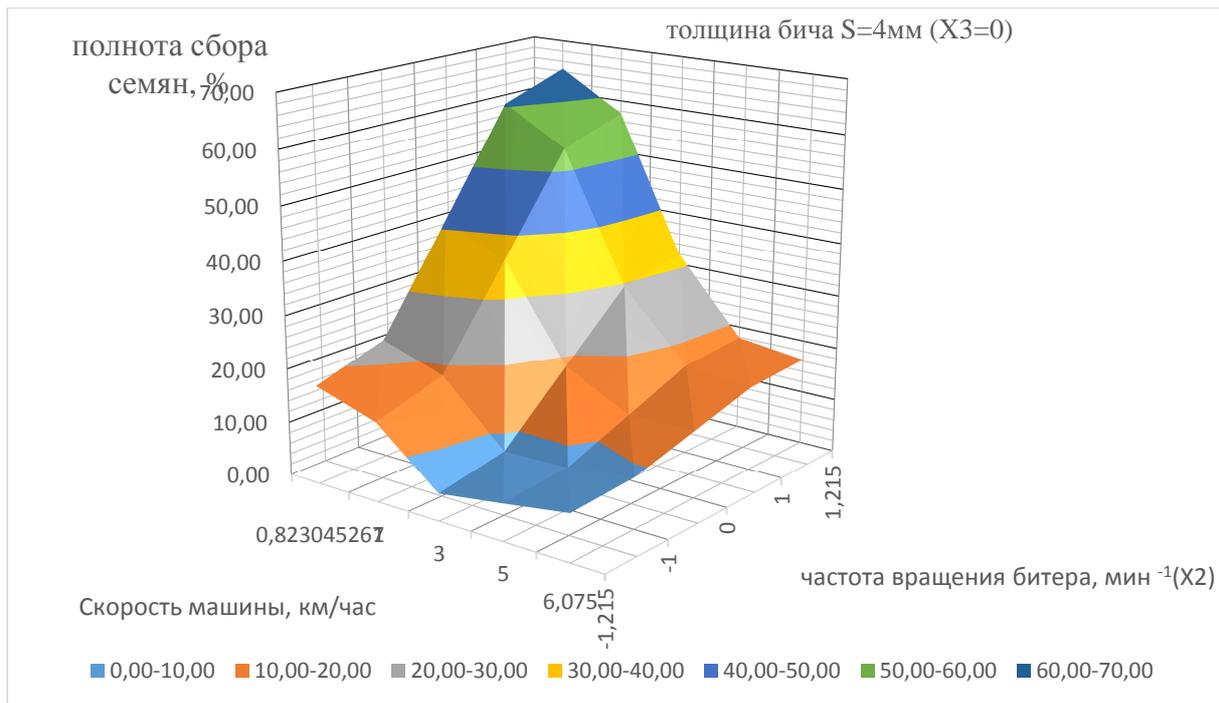


Рисунок 5. Поверхность отклика зависимости выхода семян от скорости машины (X₁) и частоты вращения битера (X₂) (при толщине бича S = 4 мм (X₃ = 0))

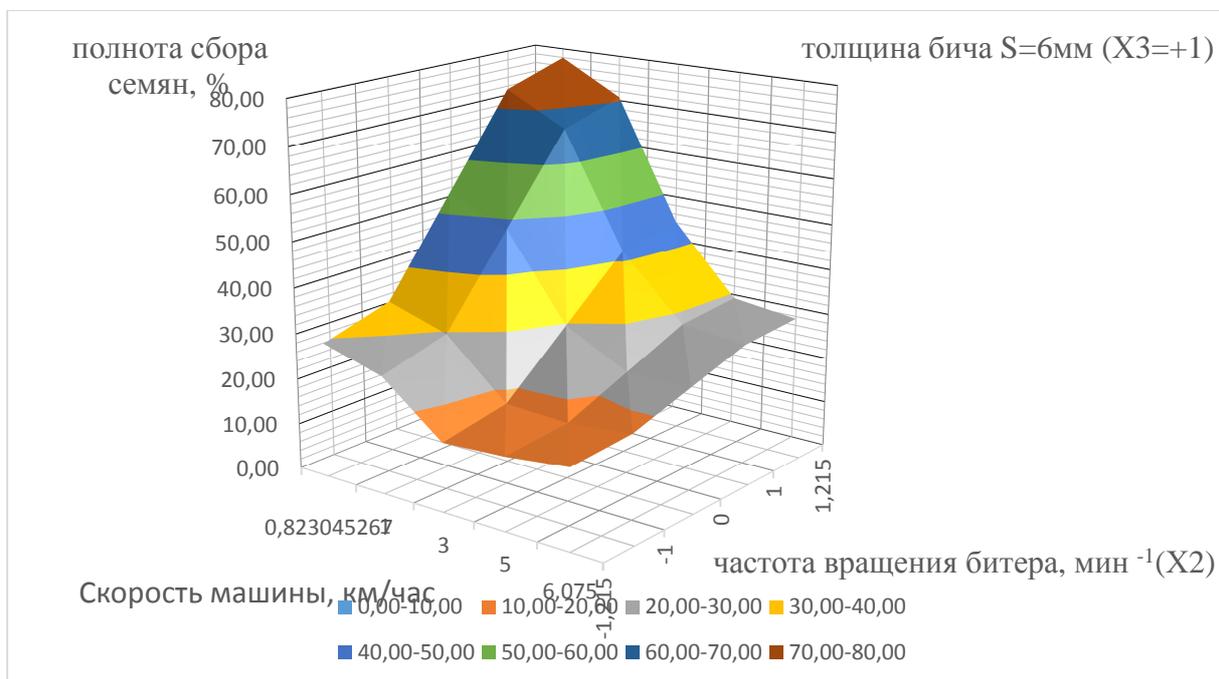


Рисунок 6. Поверхность отклика зависимости выхода семян от скорости машины (X₁) и частоты вращения битера (X₂) (при толщине бича S = 6 мм (X₃ = +1))

Для обоснования выбора оптимальных параметров и режимов работы универсального рабочего органа для дифференцированного обмолота соцветий воспользуемся следующими критериями эксплуатационной эффективности:

- для максимальной эффективности использования машины для сбора семян необходимо принимать максимальную скорость ее движения (X_1), при которых будут соблюдаться агротехнические требования к полноте сбора семян по каждому из проходов ее по поле;

- для снижения продолжительности настройки к работе семяуборочной машины желательно иметь постоянную толщину бича;

- для минимальных повреждений семян целесообразно иметь минимальную частоту вращения битера.

Таким образом для выбора оптимальных значений параметров и режимов работы универсального рабочего органа для дифференцированного обмолота соцветий зададимся следующими критериями: скорость движения машины (X_1) должна быть максимальная; толщина бича (X_2) должна быть постоянной; частота вращения битера должна быть минимальной (X_3).

На рисунках 7 – 9 представлены сечения отклика влияния скорости машины (X_1) и чистоты вращения битера (X_2) при различных толщинах бича (X_3) на выход семян Y .

Анализ сечения откликов зависимости полноты сбора семян табака от скорости машины для сбора семян, частоты вращения битера и толщины бича позволил выбрать следующие параметры дифференцированного обмолота соцветий на корню растений, позволяющие обеспечить требуемые показатели качества работы машины для сбора семян (табл. 2).

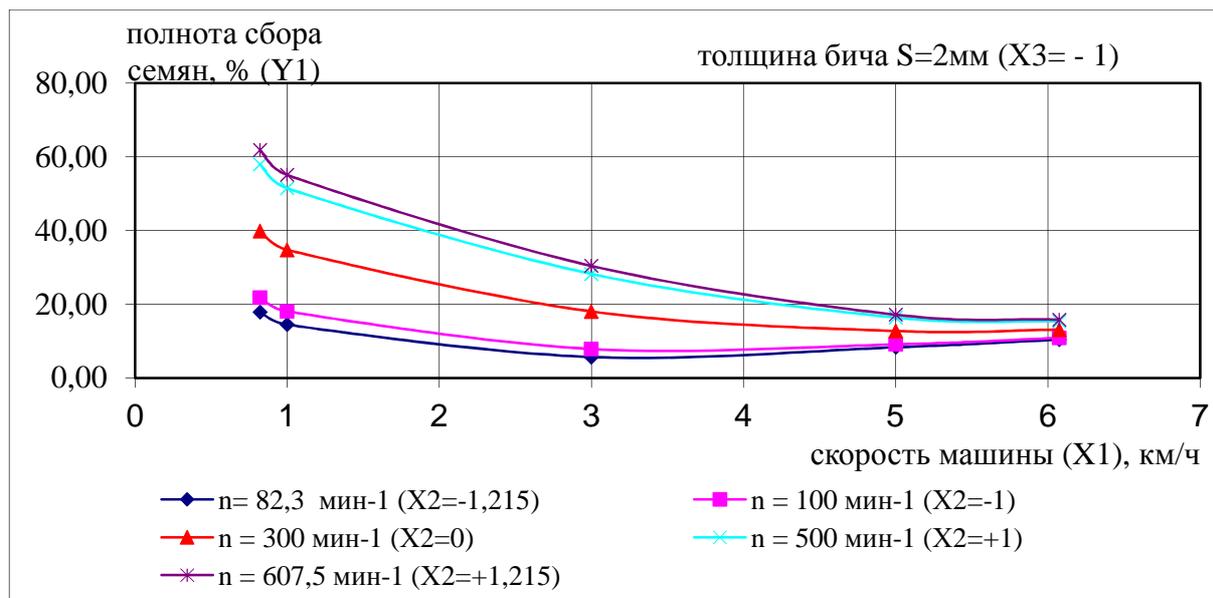


Рисунок 7. Сечения отклика зависимости выхода семян от скорости машины (X₁) и частоты вращения битера (X₂) (при толщине бича S = 2 мм (X₃ = - 1))

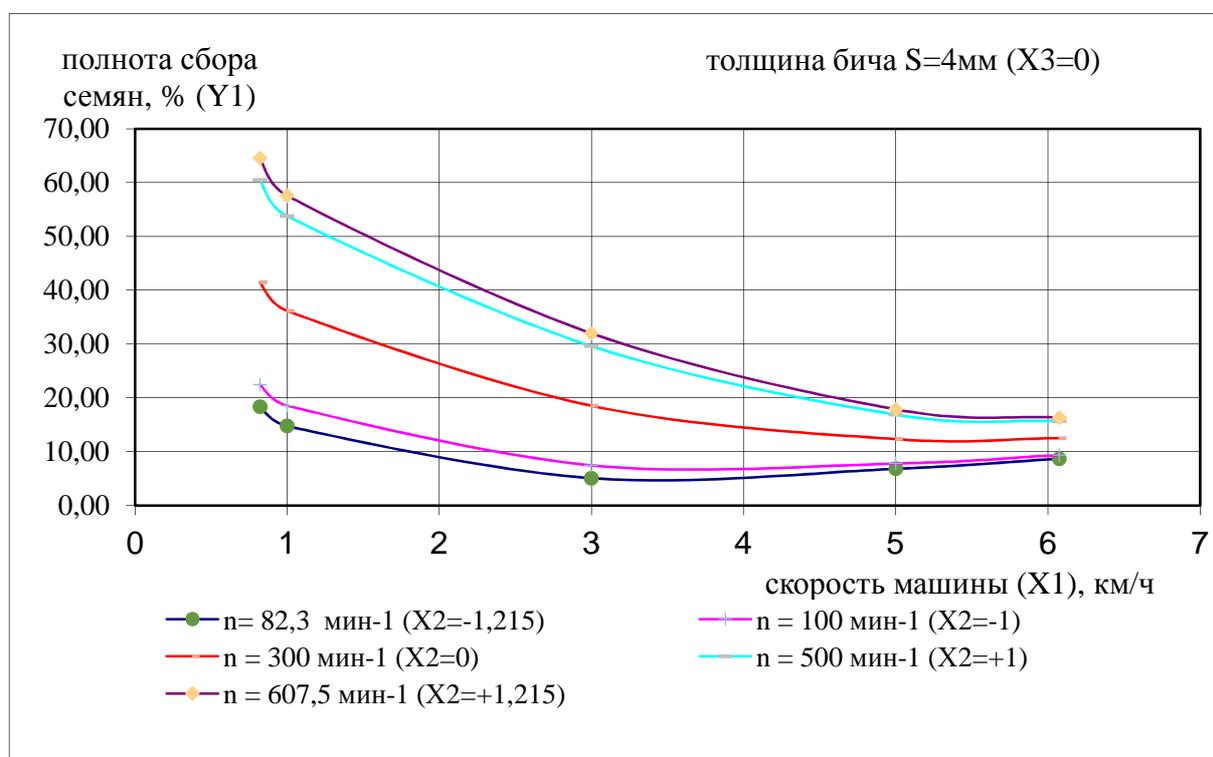


Рисунок 8. Сечения отклика зависимости выхода семян от скорости машины (X₁) и частоты вращения битера (X₂) (при толщине бича S = 4 мм (X₃ = 0))

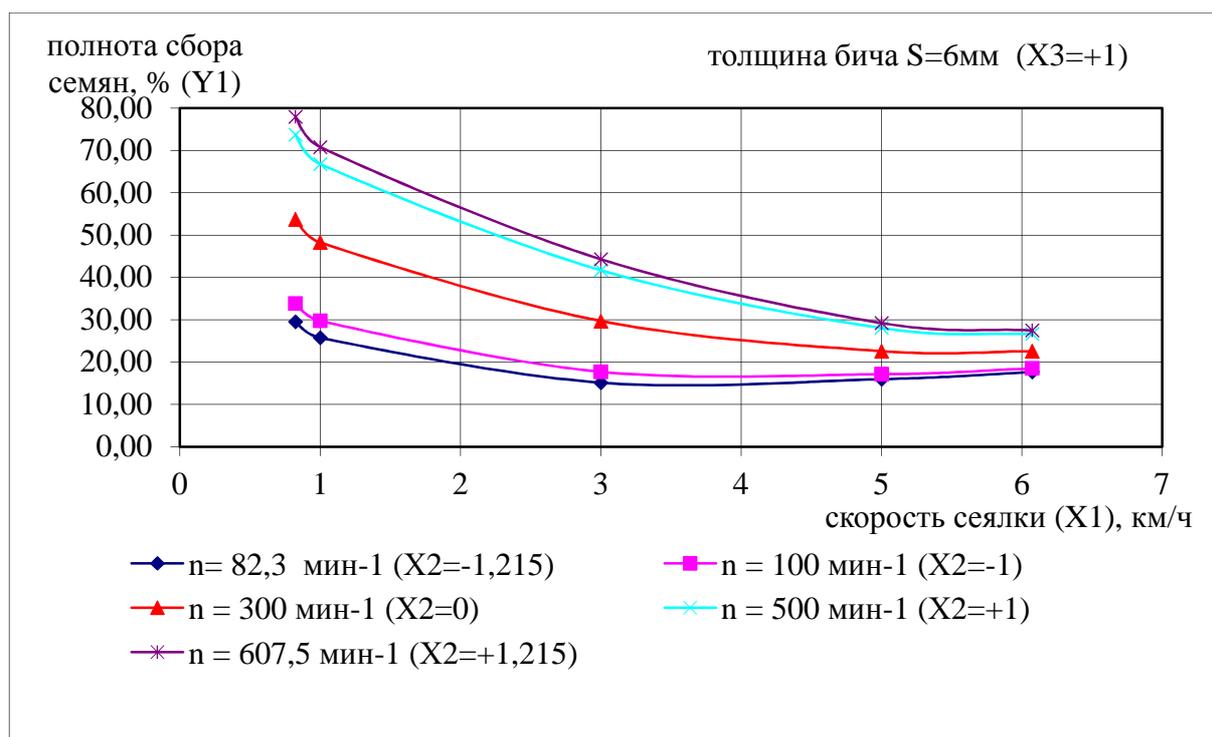


Рисунок 9. Поверхность отклика зависимости выхода семян от скорости машины (X_1) и частоты вращения битера (X_2) (при толщине бича $S = 6$ мм ($X_3 = +1$))

Таблица 2 – Результаты обоснования оптимальных параметров и режимов работы рабочего органа для дифференцированного обмолота соцветий на корню растений табака

№ прохода	Параметры и режимы работы		
	скорость машины, км/ч	частота вращения битера, мин ⁻¹	толщина бича, мм
I проход	3	300	6
II проход	3	82,3	6
III проход	3	82,3	6
IV проход	3	500	6

Исходя из выше представленных результатов исследований по обоснованию параметров работы рабочего органа для дифференцированного обмолота соцветий на корню растений табака можно сделать выводы, что при использовании рекомендуемых параметров обеспечивается выполнение следующих агротехнических требований к полноте сбора семян в за-

висимости от прохода машины: I проход – 30...35%, II и III проходы – 15...20%, IV проход – 40...45%.

Таким образом для обеспечения вышеперечисленных требуемых показателей качества работы универсального рабочего органа для дифференцированного обмолота соцветий на корню растений табака рекомендуются следующие его параметры:

- скорость машины – 3 км/час;
- частота вращения битера: I проход – 300 мин⁻¹; II и III проходы – 82,3 мин⁻¹; IV проход – 500 мин⁻¹;
- толщина бича – 6 мм.

Таким образом, экспериментально оптимизированы параметры универсального рабочего органа для дифференцированного обмолота соцветий на примере растений табака, влияющих на полноту сбора семян.

Список литературы

1. Черкасов, С. В. Механизация уборки и послеуборочной обработки семян табака и махорки / С. В. Черкасов, Н. И. Яцун, В. В. Кравченко, А. П. Михайлов / Табак, 1987. – №1 – С21 – 24.
2. Винеvский, Е. И. Альтернативные машинные технологии производства семян табака и махорки / Е. И. Винеvский, Н. Н. Винеvская [Электронный ресурс] // Инновационные исследования и разработки для научного обеспечения производства и хранения экологически безопасной сельскохозяйственной и пищевой продукции: сб. матер. III Междунар. научн.-практ. (8-19 апреля 2019 г., г. Краснодар). – Ч.1. – С. 529.-536. URL: http://vniitti.ru/conf/conf2019/sbornik_conf_2019_1.pdf.
3. Винеvский, Е. И. Механизированная технологии уборки семян табака и махорки / Е. И. Винеvский, Е. Е. Ульянченко, О. В. Троцкий, А. А. Полоненко // Общие вопросы мировой науки. Сборник научных трудов, по материалам международной научно-практической конференции. 31.07.2019. Изд. «Наука России», 2019. - 104 с. SPLN 001-000001-0501-GD. DOI 10.18411/gq-31-07-2019-p1
4. А.с. 719545/СССР/ Устройство для сбора семян табака и махорки / В. В. Кравченко, В. И. Цымбал, А. П. Михайлов, Н. И. Яцун.
5. А.с. 1052187/СССР/ Устройство для сбора семян на корню / В. В. Кравченко, А. П. Михайлов, И. П. Леонов и др.
6. Устройство для сбора семян табака и махорки [Текст]: пат. 2737884 Рос. Федерация: МПК А01D 41/08, А01D 45/30 / Е.И. Винеvский, О.В. Троцкий, В.А. Саломатин, И.Б. Поярков; заявитель и патентообладатель ВНИИТТИ. - № 2020122453; заявл. 02.07.2020; опубл. 04.12.12. Бюл. № 34. – 1с.

7. Винеvский, Е.И. Технология многократного обмолота соцветий высокостебельных культур [Текст]: /Е.И. Винеvский, О.В. Трошчий// Сельский механизатор. – 2020. - №3. – С.4 – 5.

References

1. СHerkasov, S. V. Mekhanizaciya uborki i posleuborochnoj obrabotki semyan tabaka i mahorki / S. V. СHerkasov, N. I. YAcun, V. V. Kravchenko, A. P. Mihajlov / Tabak, 1987. – №1 – S21 – 24.
2. Vinevskij, E. I. Al'ternativnye mashinnye tekhnologii proizvodstva semyan ta-baka i mahorki / E. I. Vinevskij, N. N. Vinevskaya [Elektronnyj resurs] // Inno-vacionnye issledovaniya i razrabotki dlya nauchnogo obespecheniya proizvodstva i hraneniya ekologicheski bezopasnoj sel'skohozyajstvennoj i pishchevoj produkcii: sb. mater. III Mezhdunar. nauchn.-prakt. (8-19 aprelya 2019 g., g. Krasnodar). – CH.1. – S. 529.-536. URL: http://vniitti.ru/conf/conf2019/sbornik_conf_2019_1.pdf.
3. Vinevskij, E. I. Mekhanizirovannaya tekhnologii uborki semyan tabaka i mahorki / E. I. Vinevskij, E. E. Ul'yanchenko, O. V. Troshchij, A. A. Polonenko // Obshchie voprosy mirovoj nauki. Sbornik nauchnyh trudov, po materialam mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. 31.07.2019. Izd. «Nauka Rossii», 2019. - 104 s. SPLN 001-000001-0501-GD. DOI 10.18411/gq-31-07-2019-p1
4. A.s. 719545/SSSR/ Ustrojstvo dlya sbora semyan tabaka i mahorki / V. V. Kravchenko, V. I. Cymbal, A. P. Mihajlov, N. I. YAcun.
5. A.s. 1052187/SSSR/ Ustrojstvo dlya sbora semyan na kornyu / V. V. Kravchenko, A. P. Mihajlov, I. P. Leonov i dr.
6. Ustrojstvo dlya sbora semyan tabaka i mahorki [Текст]: pat. 2737884 Ros. Federaciya: МРК А01D 41/08, А01D 45/30 / E.I. Vinevskij, O.V. Troshchij, V.A. Salomatin, I.B. Poyarkov; заяvitel' i patentoobladatel' VNIITTI. - № 2020122453; za-yavl. 02.07.2020; opubl. 04.12.12. Byul. № 34. – 1s.
7. Vinevskij, E.I. Tekhnologiya mnogokratnogo obmolota socvetij vysokostebel'nyh kul'tur [Текст]: /Е.И. Винеvский, О.В. Трошчий// Sel'skij mekhanizator. – 2020. - №3. – S.4 – 5.