

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ ПОДАЧИ МАЛЫХ ПАРТИЙ РАССАДЫ К ПОСАДОЧНОМУ АППАРАТУ

Чернов А.В., Винецкий Е.И., д-р техн. наук, проф.

ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт табака, махорки и табачных изделий», Российская Федерация, г. Краснодар

Аннотация. Разработан автомат для подачи рассады к посадочному аппарату. Оптимизированы параметры разработанного рабочего органа для автоматической подачи рассады к посадочному аппарату. Экспериментально определены оптимальные параметры рабочего органа для автоматической подачи рассады к посадочному аппарату, при которых достигается максимальная полнота передачи рассады от накопительного к подающему барабану.

Ключевые слова. Многофакторный эксперимент, рассадопосадочный аппарат, рабочий орган, рассада, оптимизация.

OPTIMIZATION OF THE PARAMETERS OF THE WORKING BODY FOR THE SUBMISSION OF SMALL PARTIES OF SEEDLINGS TO THE LANDING APPARATUS

Chernov A.V., Vinevskii E.I., Dr. Sc. (Tech.), Prof.

FSBSI All-Russian Scientific Research Institute of Tobacco, Makhorka and Tobacco Products, Russian Federation, Krasnodar

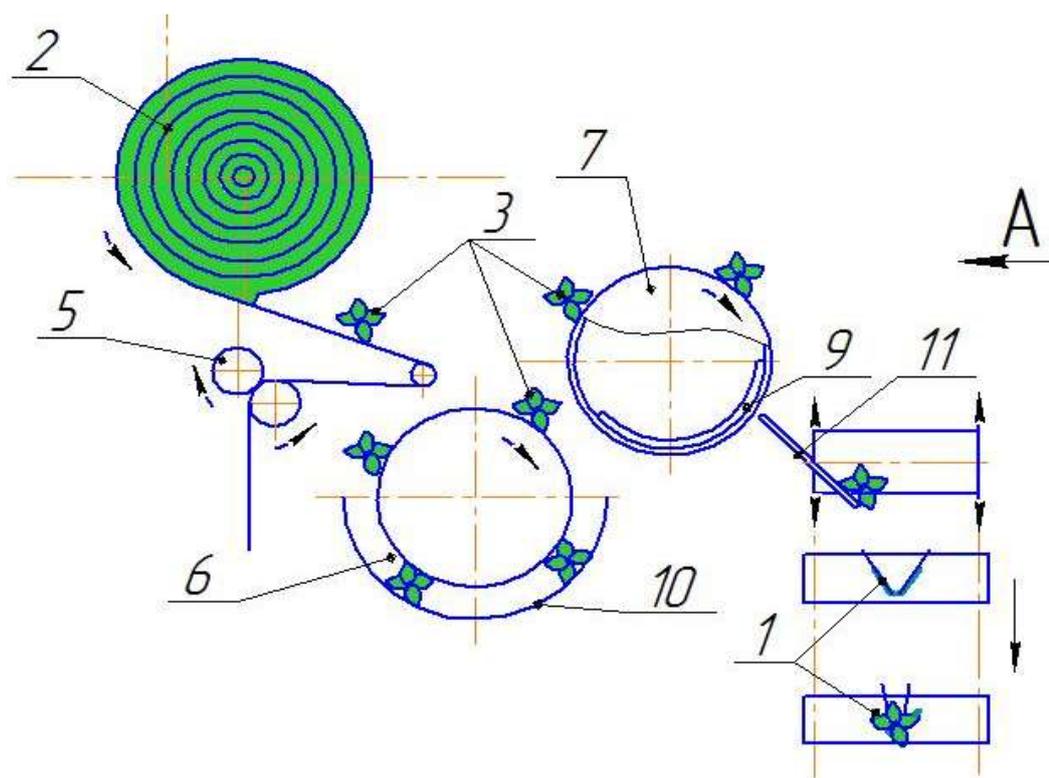
Abstract. An automatic machine for feeding seedlings to the planting unit has been developed. Optimized the parameters of the developed working body for automatic feeding of seedlings to the planting unit. Experimentally determined the optimal parameters of the working body for the automatic feeding of seedlings to the planting unit, at which the maximum completeness of transfer of seedlings from the storage tank to the feed drum is achieved.

Keywords. Multi-factor experiment, transplanter, working organ, seedlings, optimization/

При посадке рассады, выращиваемой в парниках обычным способом, подготовка ее к посадке производится путем ручной выборки, формированием партий и подачи их к посадочному аппарату. При проведении селекционных работ требуется высадка рассады различных сортов малыми партиями. Для повышения производительности труда при посадке малых партий рассады необходима оптимизация подготовительных работ, то есть выбор соответствующего накопителя рассады и разработка устройства для его применения.

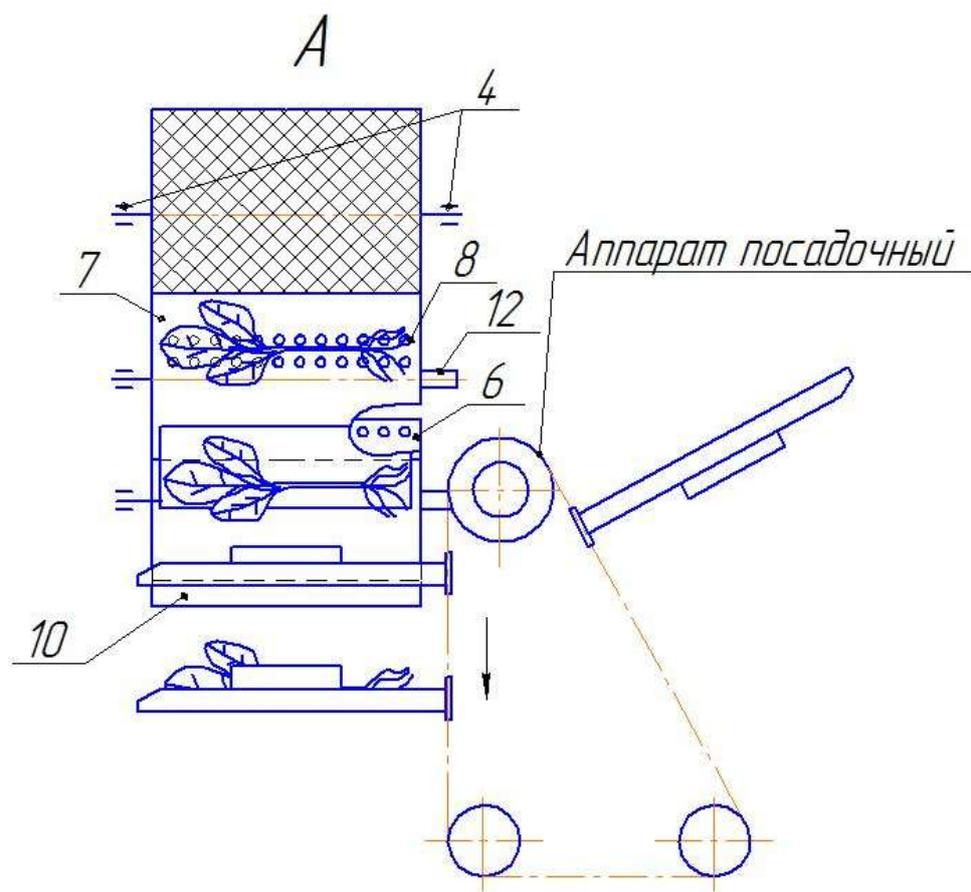
Во ВНИИТТИ разработан автомат для подачи рассады к посадочному аппарату [1] (рисунки 1, 2), состоящий из бункера-накопителя в виде рулона 2 для рассады 3, установленного в направляющих 4 и снабженного устройством для его размотки 5. Подающее устройство выполнено в виде двух пневматических барабанов, накопительного 6 и подающего 7, имеющих окна присоса 8. Подающий барабан 7 снабжен неподвижной заслонкой-отсекателем вакуума 9, а

накопительный барабан оснащен поддоном 10. Для направления рассады в захваты рассадодержателей 1 имеется скатная доска 11. Для соединения пневматических барабанов 6 и 7 с источником вакуума используются воздухопроводы 12. Рабочий орган работает следующим образом. Бункер-накопитель в виде рулона 2 со свернутой в нем параллельно оси рулона рассадой 3, установленный в направляющих 4 и кинематически связанный с накопительным и подающим барабанами 6 и 7, при включении автомата, начинает размотку при помощи устройства для размотки 5 подавая рассаду 3 на накопительный барабан 6 стеблем вдоль оси барабана. Накопительный пневматический барабан 6 отверстиями присоса 8, расположенными вдоль оси барабана по всей длине барабана, присасывает рассаду 3 к поверхности накопительного барабана 6. При повороте накопительного барабана 6 рассада 3, проходя в зазор между барабанами 6 и 7, попадает в зону повышенного разрежения, создаваемого подающим барабаном 7 и присасываясь к его отверстиям присоса 8, отрывается от накопительного барабана 6 и переходит на подающий барабан 7. Отрыв происходит за счет повышенного уровня вакуума и повышенной скорости вращения подающего барабана 7. При дальнейшем повороте подающего барабана 7 вокруг своей оси рассада 3 попадает в зону отсечения вакуума, создаваемую неподвижной заслонкой – отсекателем вакуума 9.



- 1 – рассадодержатель; 2 – накопитель рассады; 3 – рассада; 5 – устройство для размотки;
 6 – накопительный барабан; 7 – подающий барабан; 9 – заслонка – отсекатель вакуума;
 10 – поддон; 11 – скатная доска

Рисунок 1. Схема рабочего органа для автоматической подачи рассады к посадочному аппарату для подачи рассады к посадочному аппарату (вид сбоку)



4 – направляющие; 7 – подающий барабан; 8 – отверстия присоса; 10 – поддон;
12 – воздуховоды

Рисунок 2. Схема рабочего органа для автоматической подачи рассады к посадочному аппарату для подачи рассады к посадочному аппарату (вид А)

В предлагаемом рабочем органе ликвидация невозвратимых потерь рассады, незахваченной подающим барабаном 7 с накопительного барабана 6 осуществляется возвращением рассады на барабане 6 для повторного захвата, поскольку бункер-накопитель в виде рулона 2, в отличие от бункера от прототипа, не является препятствием для этого, давая свободный проход для рассады. Накопительный барабан 6 при вращении возвращает прикрепленную к барабану рассаду в радиально-регулируемый зазор между барабанами для повторного захвата подающим барабаном 7. Для устранения потерь рассады при ее возвращении для поддержки стеблей используется поддон 10 с регулируемым зазором.

Целью исследований являлась оптимизация параметров разработанного рабочего органа для автоматической подачи рассады к посадочному аппарату.

Ранее проведенными исследованиями были определены коэффициенты трения покоя рассады табака о различные материалы [3].

Для определения оптимальных режимов работы был применен математический метод планирования многофакторного эксперимента [2]. Составлен ортогональный план и матрица планирования 3-х факторного эксперимента (таблица 1).

Матрица планирования 3-х факторного эксперимента

	g	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	У Параметр оптимизации
Полный факторный эксперимент 2 ²	1	1	1	1	1	У ₁
	2	1	-1	1	1	У ₂
	3	1	1	-1	1	У ₃
	4	1	-1	-1	1	У ₄
	5	1	1	1	-1	У ₅
	6	1	-1	1	-1	У ₆
	7	1	1	-1	-1	У ₇
	8	1	-1	-1	-1	У ₈
	9	1	0	0	0	0

Обработку результатов при разных режимах в соответствии с 9 вариантами (таблица 1) проводили для получения математической модели технологического процесса перехода рассады от накапливающего барабана к подающему.

Общий ход построения и использования математической модели сводился к следующему:

- выбирали параметры оптимизации y_1, y_2 ;
- выявляли действующие факторы x_i ($i = 1, 2, 3 \dots$), проводили кодирование и определяли интервалы их варьирования;
- по экспериментальным данным получали математические модели в виде полиномов, согласно матрице планирования.

Уравнение регрессии для k-факторного эксперимента:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i < j}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2, \quad (1)$$

- где x_i, x_j – значения факторов;
 b_0 – свободный член;
 b_i – коэффициент регрессии соответствующих факторов;
 b_{ij} – среднее значение квадрата i -го фактора.

Коэффициенты регрессии, проверку их значимости, воспроизводимости и адекватности уравнений определяли методами регрессионного анализа:

- проводили интерпретацию уравнений, то есть распознавание ее геометрического облика путем перевода уравнений в каноническую форму;
- определяли оптимальные параметры x_i .

После проведения экспериментов для исключения грубых ошибок проводили проверку однородности результатов параллельных опытов. Считается, что отклонение от средней арифметической не должно превышать предельной

ошибки средней арифметической, то есть 3σ . Отклонение, превышающее по своему значению величину 3σ , показывает, что в этом случае допущена грубая ошибка и этот результат следует отбросить

$$X_{n+1} - \bar{X} > 3\sigma, \quad (2)$$

где X_{n+1} – сомнительный результат измерений;
 \bar{X} – средняя арифметическая.

По результатам исследований определяли параметры:

1. Среднее арифметическое

$$\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n} = \frac{\sum X_i}{n}, \quad (3)$$

где n – число опытов.

2. Среднее квадратичное отклонение

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \quad (4)$$

3. Для сопоставления однотипных значений определяется относительная изменчивость этого показателя – коэффициент вариации

$$V = \frac{100 \sigma}{\bar{X}} \% . \quad (5)$$

На основании описанной выше методики проведения многофакторного эксперимента оптимизированы параметры и режимы работы рабочего органа для автоматической подачи рассады табака к посадочному аппарату рассадопосадочной машины (рисунки 1 и 2).

Исследования по определению влияния частоты вращения подающего барабана на стабильность перехода рассады от накапливающего барабана к подающему барабану проводили при частотах вращения подающего барабана равных $n = 0 \text{ мин}^{-1}$; 20 мин^{-1} ; 25 мин^{-1} ; 40 мин^{-1} .

Разность скоростей подающего барабана и накопительного барабана варьируется от 0 до $0,334 \text{ м/с}$ интервалом $0,167 \text{ м/с}$.

В качестве критерия оптимизации приняли стабильность перехода рассады от накапливающего барабана к подающему барабану Y .

В таблице 2 приведены интервалы варьирования и условия кодирования независимых переменных $V (X_1)$, $\varphi_1 (X_2)$ и $\varphi_2 (X_3)$.

Таблица 2

Основные факторы и уровни их варьирования

Факторы	Обозначение	Уровни		
		1	0	1
Разность скоростей подающего барабана и накопительного барабана, м/с	X1	0	0,167	0,334
Коэффициент трения рассады относительно материала накопительного барабана	X2	1	1,25	1,5
Коэффициент трения рассады относительно материала подающего барабана	X3	1	1,25	1,5

В таблице 3 представлены результаты эксперимента, а в таблице 4 представлены расчет коэффициентов регрессии.

Таблица 3

Результаты эксперимента

	g	X ₀	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁ X ₂	X ₁ X ₃	X ₂ X ₃	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Y ₄	Y ₅
Полный факторный эксперимент 2 ²	1	1	1	1	1	1	1	1	59	62	58	62	58
	2	1	-1	1	1	-1	-1	1	5	7	3	6	4
	3	1	1	-1	1	-1	1	-1	92	89	88	88	91,00
	4	1	-1	-1	1	1	-1	-1	8	12	9	11	11
	5	1	1	1	-1	1	-1	-1	1	0	0	2	3
	6	1	-1	1	-1	-1	1	-1	0	0	2	0	1
	7	1	1	-1	-1	-1	-1	1	62	59	61	62	59
	8	1	-1	-1	-1	1	1	1	4	6	3	4	6
Центральная точка	9	1	0	0	0	0	0	0	99	97	94	96	96

Таблица 4

Расчет коэффициентов регрессии

$\sum X_i Y_i$	326,2	190,2	-100,2	99,4	-80,6	78,2	30,2
$\sum X_i^2$	9	8	8	8	8	8	8
B_i	36,24444	23,775	0	12,425	-10,075	0	3,775

После реализации опытов и обработки их результатов с помощью пакетов прикладных программ для ПЭВМ получена математическая модель процесса перехода рассады от накапливающего к подающему барабану.

Уравнение поверхности отклика в кодированных значениях факторов имеет следующий вид:

$$y = 36,2444 + 23,775x_1 + 12,425x_2 - 10,075x_1x_2 + 3,775x_2x_3 \quad (5)$$

где Y – стабильность перехода рассады от накапливающего к подающему барабану, %;

X_1 – разность скоростей подающего барабана и накопительного барабана, м/с;

X_2 – коэффициент трения расады относительно материала накопительного барабана;

X_3 – коэффициент трения расады относительно материала подающего барабана.

Коэффициенты уравнения (5) показывают, что в рассматриваемом случае наибольшее влияние на параметр оптимизации оказывает разность скоростей подающего барабана и накопительного барабана.

Анализ графиков на рисунках 3, 4 и 5 показывает влияние разности скоростей подающего и накопительного барабана, а также коэффициента трения расады относительно материала барабанов на стабильность перехода расады от накапливающего к подающему барабану.

Установлено, что для достижения максимальной полноты передачи расады от накопительного к подающему барабану необходимо обеспечить разность скоростей подающего барабана и накопительного барабана $V = 0,34$ м/с при коэффициенте трения покоя расады о материал накопительного барабана $\phi = 1,0$, а подающего барабана $\phi = 1,5$.

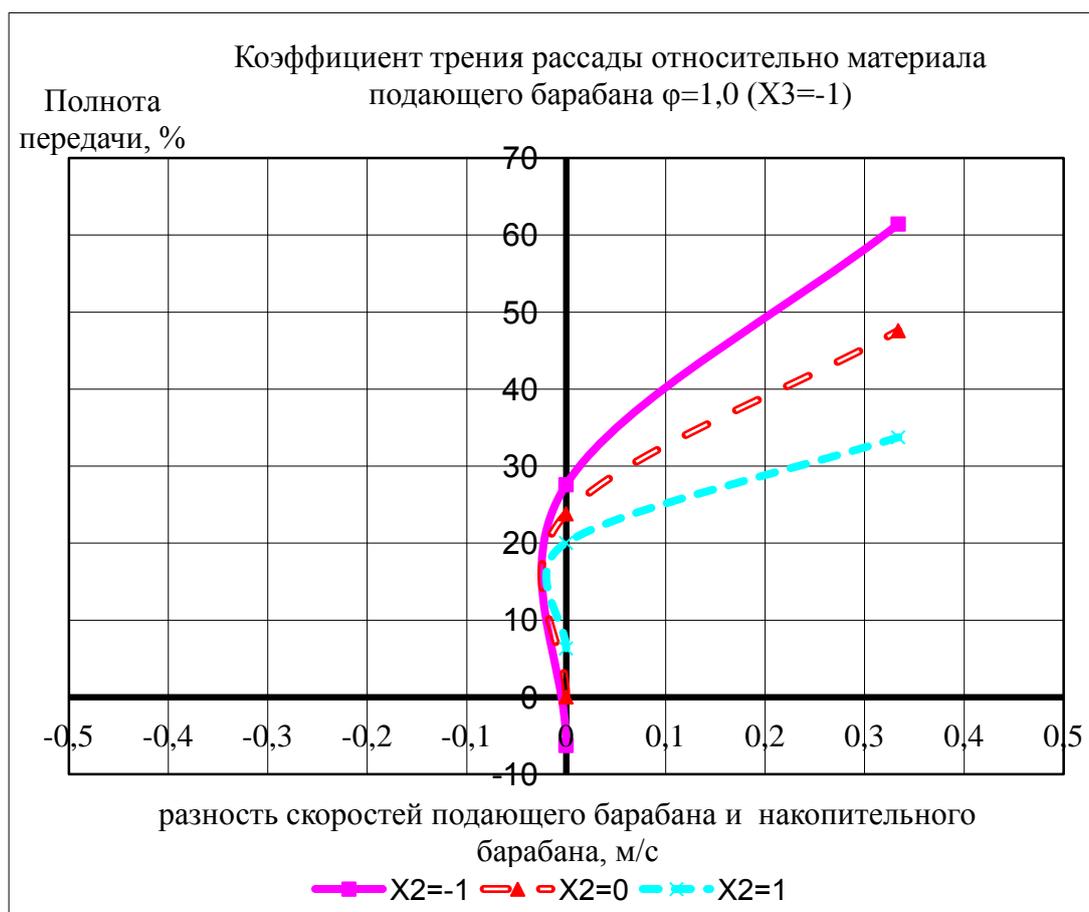


Рисунок 3. Влияние разности скоростей барабанов X_1 и коэффициента трения накопительного барабана X_2 на полноту передачи расады от накопительного к подающему барабану (при коэффициент трения расады относительно материала подающего барабана $\phi=1,0$ ($X_3=-1$))

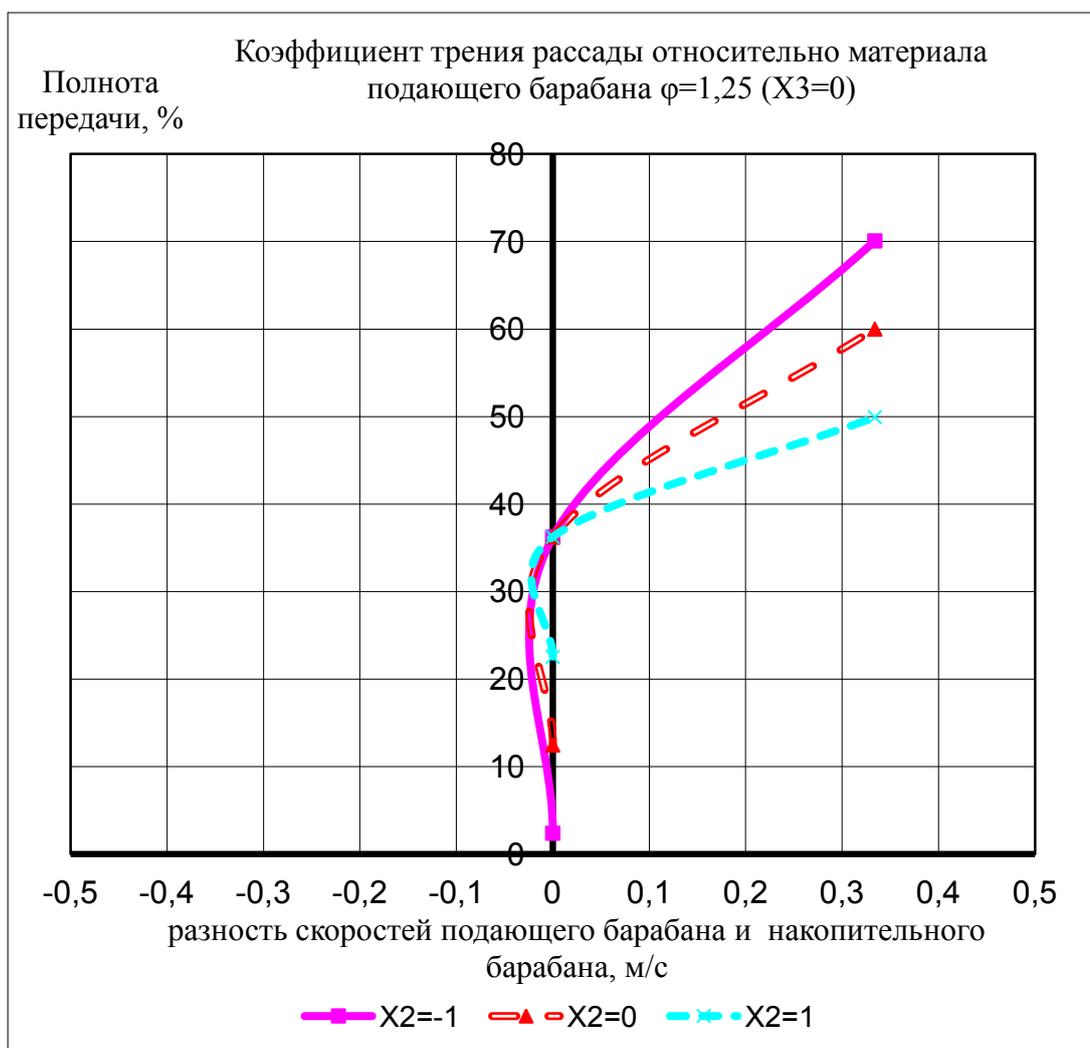


Рисунок 4. Влияние разности скоростей барабанов X_1 и коэффициента трения накопительного барабана X_2 на полноту передачи рассады от накопительного к подающему барабану (при коэффициент трения рассады относительно материала подающего барабана $\varphi=1,25$ ($X_3=0$))

На основании проведенных экспериментальных исследований установлено следующее:

1. Наибольшая стабильность перехода рассады от накапливающего к подающему барабану наблюдается при частоте вращения подающего барабана $n = 20 \text{ мин}^{-1}$;

2 Экспериментально определены оптимальные параметры рабочего органа для автоматической подачи рассады к посадочному аппарату, при которых достигается максимальная полнота передачи рассады от накопительного к подающему барабану:

- разность скоростей подающего барабана и накопительного барабана $V = 0,34 \text{ м/с}$;

- коэффициент трения покоя рассады о материал накопительного барабана $\varphi < 1,0$;

- коэффициент трения покоя рассады о материал подающего барабана $\varphi > 1,5$.



Рисунок 5. Влияние разности скоростей барабанов X_1 и коэффициента трения накопительного барабана X_2 на полноту передачи рассады от накопительного к подающему барабану (при коэффициент трения рассады относительно материала подающего барабана $\varphi=1,5$ ($X_3=1$))

Литература

1. Патент 2674906 /РФ/. Автомат для подачи рассады к посадочному аппарату/ Е.И. Виневский, А.В. Чернов, В.А. Саломатин, И.Б. Поярков. № 2012105049; заявл. 09.02.2018; опубл. 13.12.2018, Бюл. №35.
2. Сборник научных трудов института / ГНУ ВНИИТТИ. Краснодар, 2010. Вып. 179. 323 с.
3. Чернов А.В. Трибологические исследования взаимодействия рассады овощных культур и табака с рабочими органами машин [Электронный ресурс] // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: сб. ст. по материалам XI Всерос. конф. молодых ученых (29-30 ноября 2017г.) / Краснодар: КубГАУ, 2017. С. 488-489. URL: <https://kubsau.ru/upload/science/apk-2017.pdf>