

6  
А-29

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР  
КАЗАХСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ

---

На правах рукописи

Аспирант А. В. БОЧКАРЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ  
МУЛЬЧИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ И ОБОСНОВАНИЕ  
ПАРАМЕТРОВ АППАРАТА ДЛЯ ИХ ВЫСЕВА

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Алма-Ата 1967 г.

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА СССР  
КАЗАХСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ  
ИНСТИТУТ

---

На правах рукописи

Аспирант А. В. БОЧКАРЕВ

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ  
МУЛЬЧИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ И ОБОСНОВАНИЕ  
ПАРАМЕТРОВ АППАРАТА ДЛЯ ИХ ВЫСЕВА

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель —  
кандидат технических наук, доцент  
ЧЕРНИКОВ В. Г.

Алма-Ата 1967

## ВВЕДЕНИЕ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

В постановлениях партии и правительства важная роль отводится ускоренному развитию овощеводства с целью обеспечения населения в течение круглого года свежими овощами самого широкого ассортимента, высокого качества и по дешевым ценам.

Одним из прогрессивных методов выращивания овощей является безрассадный способ, при котором затраты труда и денежно-материальных средств значительно ниже, чем при рассадочном и других способах. Тормозом для внедрения этого эффективного способа выращивания овощей является почвенная корка, образующаяся на тяжелых, заплывающих почвах после выпадения осадков, которая препятствует появлению всходов. Разрушение почвенной корки механическим способом существующими в производстве орудиями приводит к уничтожению значительной части всходов, а иногда часть посевов приходится пересевать.

Прогрессивным приемом, предупреждающим образование почвенной корки, является мульчирование — нанесение слоя материала на посеянный рядок.

Исследованием эффективности мульчирования как агротехнического приема занимались Балашев Н. Н., Полс Я. П., Срагович М. М., Эдельштейн В. И., Щиченков В. В., Семикина Г. Г., Каримов А., Панченко М. Е., Воронюк Б. А., Макарец И. К., Каратыш А. Г., Кунченко П. И. и другие. Агротехнические опыты и производственная проверка мульчирования показывают его большую экономическую эффективность. Мульчирование сглаживает суточные колебания температур, сохраняет в почве влагу, предотвращает образование почвенной корки, способствует созданию зернистой структуры почвы, препятствует развитию сорной растительности и повышает урожаи сельскохозяйственных культур.

Несмотря на то, что опытными учреждениями доказана огромная экономическая эффективность мульчирования, однако широкого распространения этот агротехнический прием не по-

2843

лучил. Причиной этого является отсутствие средств для механизации высева. Мульчирование как сельскохозяйственный процесс аналогично высеву органических и минеральных удобрений, но до последнего времени еще не изучено. Недостаточны также теоретические и экспериментальные исследования физико-математических свойств мульчирующих материалов.

Исследованием физико-механических свойств минеральных удобрений занимались И. Б. Баранов, П. А. Баранов, А. Ф. Эверт, Н. Е. Пестов, М. Л. Кругляков, А. М. Щербаков и другие. Данные же по физико-механическим свойствам мульчирующих материалов в литературе отсутствуют, поэтому эта работа нами ставится впервые.

Учитывая, что при работе машин в поле мульчирующие материалы находятся под воздействием динамических нагрузок, физико-механические свойства их изучались с учетом нагрузки и колебаний машин в полевых условиях.

Теоретически в качестве мульчи можно использовать любые материалы, выбор которых колеблется от природных веществ, таких, как растительные остатки, торф, навоз, опилки, перегной и т. д., до промышленных материалов, к которым относятся алюминиевая фольга, мульчбумага, битумная эмульсия и полиэтиленовая пленка.

В производственных условиях выбор материала определяется главным образом его доступностью, стоимостью и пригодностью для перечисленных ниже целей, связанных с улучшением условий роста культурных растений: сохранение влаги, предотвращение появления корки, подавление сорняков, регулирование температуры почвы, создание защиты в зимнее время, удобрение.

Задачей настоящей работы ставилось:

1. Изучить физико-механические свойства мульчирующих материалов.
2. Исследовать существующие туковысевающие аппараты на высева мульчматериалов.
3. Разработать техническое задание на проектирование аппарата для высева мульчирующих материалов.
4. Рекомендовать какой-либо из существующих или разработать и исследовать новый аппарат, обеспечивающий устойчивый высев различных сыпучих органических материалов.

#### 1. ИЗУЧЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МУЛЬЧИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Исходным этапом на пути к решению технических проблем механизации высева мульчирующих материалов является изу-

чение их физико-механических свойств, которые в основном зависят от их состава и влагосодержания.

В рамках задач, поставленных данной работой, определению подлежали следующие основные показатели физико-механических свойств мульчирующих материалов в зависимости от влажности:

1. Коэффициент внешнего трения скольжения мульчирующих материалов по различным поверхностям;
2. Сопротивление сдвигу при различных вертикальных нагрузках; углы и коэффициенты внутреннего трения;
3. Углы естественного откоса;
4. Высота свободно-стоящей вертикальной стенки;
5. Сыпучесть;
6. Объемный вес и коэффициент уплотнения;
7. Критический диаметр свободнообразующего отверстия.

При исследовании были использованы следующие мульчирующие материалы, рекомендованные Киргизским научно-исследовательским институтом земледелия: торф, перегной опилки, смесь торфа (50%) и опилок (50%), смесь перегной (50%) с опилками (50%) по объему.

Влажность мульчирующих материалов ( $W$ ) определялась весовым методом. Требуемую влажность мульчирующих материалов получали общепринятым методом искусственного увлажнения. После увлажнения материалы выдерживались около 24—30 часов для равномерного распределения влаги во всей массе.

Опыты проводились в пятикратной повторности.

В результате проведенных исследований получены числовые значения показателей и расчетные характеристики важнейших физико-механических свойств мульчирующих материалов, приведенные в таблице 1.

#### 1. Коэффициенты внешнего трения скольжения по различным поверхностям ( $f_{ск}$ )

Определение коэффициентов внешнего трения скольжения различных мульчирующих материалов в зависимости от влажности производилось с целью выбора конструктивного материала для изготовления аппаратов и машин на их высева по следующим поверхностям трения: стали неокрашенной, пластмассе, твердой и мягкой породам дерева по известной методике и прибору, предложенными акад. В. А. Желиговским.

Результаты опытов показывают, что коэффициенты трения скольжения всех исследуемых мульчирующих материалов изменяются в широких пределах и имеют наименьшие показа-

Таблица 1

Физико-механические свойства мульчирующих материалов

Наименование материала	Влажн. (%)	Показатели физико-механических свойств					$d_{кр}$ мм
		по металлу $f_{ск}$	$h_0$ мм	$\beta_e$ град.	$\tau$ г/см <sup>2</sup>	$c$ %	
Торф	16,0	—	25	36,5	9,0	185	90
	20,4	0,465	30	37,3	10,2	180	100
	25,3	0,510	40	38,7	12,0	165	120
	30,1	0,520	53	39,6	13,2	140	140
	36,7	0,600	64	41,8	14,8	95	165
	40,1	0,652	75	43,0	14,9	60	180
	45,3	0,720	80	44,8	13,5	40	205
	55,1	0,632	92	47,0	11,3	25	240
	11,4	0,535	24	41,5	4,0	118	165
	17,6	—	25	43,0	4,4	115	185
Опилки	25,0	0,576	40	43,3	5,5	90	200
	34,3	0,610	60	43,5	6,9	72	215
	44,7	0,641	75	45,0	8,0	61	235
	50,9	0,676	85	45,1	8,2	50,5	255
	55,1	0,685	100	45,3	8,0	50	260
	64,8	0,667	100	45,3	7,5	47,3	260
	6,5	0,510	8	38,0	6,5	165	—
	18,5	0,539	15	39,5	7,4	157	140
	25,1	0,566	30	40,8	9,1	125	160
	32,3	0,570	50	41,1	10,7	100	180
Торф + опилки	37,8	0,587	75	42,9	11,3	75	195
	46,3	0,618	110	43,8	10,9	60	225
	51,2	0,619	120	44,3	10,5	47	240
	55,3	0,580	120	45,3	10,2	39,5	255
	7,4	0,600	10	39,5	8,5	168	65
	16,5	0,615	17	40,7	11,6	149,3	70
Пережной	25,3	0,635	35	41,6	14,5	110	105
	32,2	0,658	47	42,5	14,2	62	125
	35,7	0,670	80	43,4	13,9	43	145
	42,8	0,684	100	45,0	13,5	31,5	165
	50,8	0,700	115	45,0	13,0	25	205
	51,3	0,690	120	45,0	—	25	210
	9,1	0,310	7	35,7	9,4	180	65
Пережной + опилки	13,3	0,318	15	36,0	10,5	176	70
	25,1	0,411	30	38,8	13,8	140	105
	30,1	0,460	45	41,6	15,1	70	130
	40,2	0,536	85	44,5	15,1	30	175
	47,1	0,608	117	44,8	13,8	25,3	205
	51,3	0,590	120	46,7	13,5	25,3	215
	54,3	0,520	130	47,0	13,0	25,2	220

тели по пластмассе и наибольшие по мягкой породе дерева. При этом наиболее высокие коэффициенты трения скольжения имеет пережной и наименьшие — смесь пережной с опилками.

Математическая обработка полученных данных позволила

Таблица 2

Поверхность трения	Торф		Опилки		Пережной		Смесь торфа с опилками		Смесь пережной с опилками	
	а	к	а	к	а	к	а	к	а	к
Мягкая порода дерева	0,377	0,009	0,553	0,003	0,593	0,003	0,509	0,003	0,272	0,008
Твердая порода дерева	0,317	0,009	0,516	0,003	0,574	0,003	0,496	0,003	0,261	0,008
Пластмасса	0,254	0,009	0,418	0,003	0,492	0,003	0,436	0,003	0,235	0,008
Металл	0,293	0,009	0,508	0,003	0,538	0,003	0,479	0,003	0,238	0,008

установить, что зависимость между коэффициентом трения скольжения и влажности ( $f_{ск} = f(W)$ ), может быть выражена корреляционным уравнением первого порядка:

$$f_{ск} W_x = a + k W_x$$

Найденные значения коэффициентов «а» и «к» (табл. 2) позволяют получить по этому уравнению расчетные значения для исследованных нами материалов при различной влажности.

Разница между опытными и расчетными величинами не превышает 4—6% от определяемой величины. Полученные данные позволяют наиболее правильно выбрать материал для изготовления рабочих органов и аппаратов для исследования мульчирующих материалов.

## 2. Сопротивление сдвигу ( $\tau$ ).

Определялось в связи с тем, что характеристики сопротивления сдвигу необходимы для определения углов и коэффициентов внутреннего трения, а также для расчета давления мульчматериалов на ограждающие поверхности и выпускные отверстия бункеров.

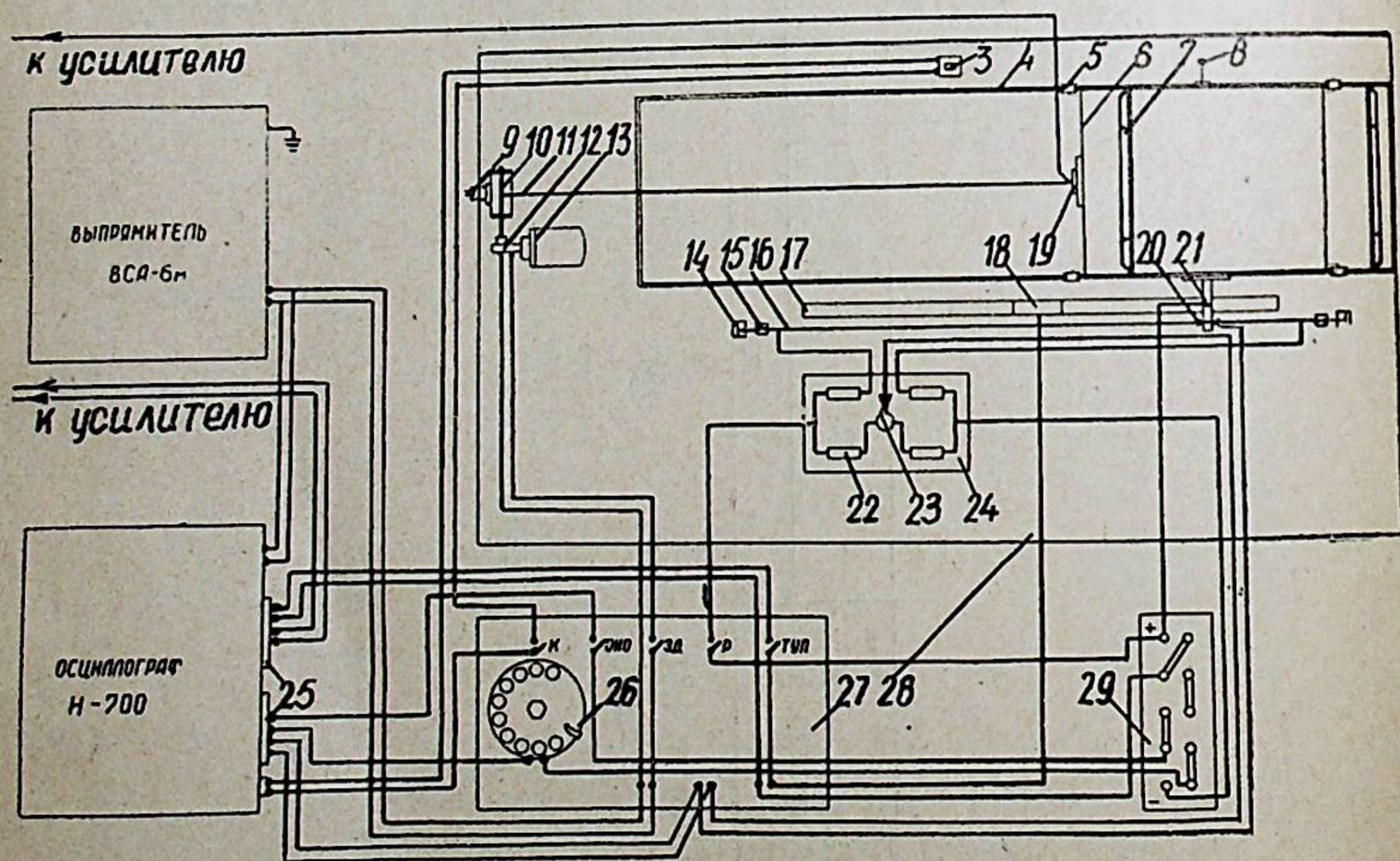


Рис. 1. Экспериментальная лабораторная установка для определения сопротивления сдвигу

Условные обозначения:

1—переходник датчиков, 2—переходник шлейфов; 3—выключатель кассеты, 4—канал для удобрений, 5—ходовая часть каретки, 6—каретка, 7—перегородка, 8—контакт выключения кассеты, 9—направляющий ролик для троса тарировки моста, 10—лебедка, 11—трос лебедки, 12—редуктор, 13—электродвигатель, 14—кронштейн крепления реохорда, 15—изолятор, 16—реохордный датчик, 17—кронштейн крепления тарировочной пластины, 18—тарировочный участок пути, 19—балка равного сопротивления с тензодатчиками, 20—подвижный контакт реохорда, 21—контакт тарировочного участка пути, 22—сопротивление, 23—потенциометр, 24—панель моста, 25—штепсельные разъемы для подключения датчика, 26—отметчик номера опыта, 27—пульт управления установкой для определения сопротивления сдвигу сыпучих материалов, 28—основание установки—стол, 29—источник питания — аккумулятор.

Сопротивление сдвигу определялось для двух случаев:

а) когда учитывалось только действие вертикальных нагрузок от собственного веса насыпки в пределах от 0,008 до 0,08 кг/см<sup>2</sup> для различных мульчирующих материалов при различной влажности. Выбранные величины вертикальных нагрузок находились в диапазоне величин, имеющих место в существующих аппаратах по применению удобрений. Опыты проводились на экспериментальной лабораторной установке тензометрическим методом (рис. 1).

б) Когда материал уплотнялся вертикально сжимающей нагрузкой. При этом материал спрессовывался и его состояние резко изменялось. Опыты производились при помощи прибора П9-С, предназначенного для полевых и стационарных испытаний грунтов. Результаты сопротивления сдвигу мульчматериалов в зависимости от вертикальных нагрузок показывают, что с увеличением последней, сопротивление сдвигу увеличивается прямо пропорционально. Так, по различным материалам оно изменяется от 0,2 до 2,5 кг/см<sup>2</sup>, при изменении вертикального давления от 1 до 5 кг/см<sup>2</sup>.

## 3. Высота свободно-стоящей вертикальной стенки ( $h_0$ )

Для исследованных мульчирующих материалов характерно образование свободно-стоящей вертикальной стенки.

Определение  $h_0$  производилось с целью правильного выбора оптимального размера высевной щели при разработке и эксплуатации аппаратов на высевах мульчматериалов.

Высота  $h_0$  с увеличением влажности увеличивается прямо пропорционально. Так, при влажности 25%  $h_0$  у различных мульчматериалов имеет значение 1÷4 см. С увеличением влажности до 50%  $h_0$  увеличивается от 13÷9 см.

#### 4. Углы естественного откоса ( $\beta_e$ )

Углы естественного откоса ( $\beta_e$ ) увеличиваются прямо пропорционально увеличению влажности.

На основании проведенных опытов можно сделать вывод, что угол естественного откоса мульчматериалов связан с углом внутреннего трения ( $\varphi$ ) зависимостью:

$$\beta_e = (1,35 + 1,75)\varphi \quad (2)$$

#### 5. Сыпучесть (С%)

Для определения сыпучести нами применен метод сравнительной количественной характеристики сыпучести различных материалов, предложенный А. Ф. Эверт и И. Б. Барановым, при помощи сконструированного ими прибора.

Данные эксперимента показывают, что сыпучесть всех исследованных нами мульчматериалов с повышением влажности до 50—55% стабилизируется. Лучшей сыпучестью обладает торф.

#### 6. Объемный вес и коэффициент уплотнения

Способность мульчматериалов уплотняться является фактором, оказывающим огромное влияние на работу аппаратов и машин. В связи с этим нами определялись не только объемный вес при свободной насыпке ( $\gamma_o$ ), но и при уплотнении мульчматериалов на вибрационной установке ( $\gamma_y$ ) с одним из установленных режимов вибрации, вызывающих уплотнение материала: амплитуда  $A=5$  мм при частоте  $200 \leq f < 500$  и соответственно  $A=10$  мм при  $150 \leq f \leq 300$ ,  $A=15$  мм при  $100 \leq f \leq 200$ .

Критерием уплотнения служила величина коэффициента уплотнения  $K_y$ , который находился как отношение веса уплотненного материала ( $\gamma_y$ ) к весу того же объема при свободной насыпке ( $\gamma_o$ ).

Величина  $K_y$  всех исследованных материалов с увеличением влажности вначале уменьшается, а затем при влажности выше 30—40% происходит резкое увеличение коэффициента уплотнения.

#### 7. Критические диаметры свободнообразующих отверстий

Расчетная величина критического диаметра свободнообразующего отверстия находится в зависимости от сцепления  $\tau_o$ , угла внутреннего трения  $\varphi$  и объемного веса  $\gamma$  по формуле:

$$d_{кр} = \frac{2\tau_o(1 + \sin\varphi)}{\gamma \cdot K''}$$

где:  $K' = 0,5$  для круглого, квадратного и треугольного отверстий.

$K' = 1$  для щелевого

$K' = \frac{\epsilon}{1 + \epsilon}$  для прямоугольного отверстия при соотношении

сторон отверстия:  $\epsilon = \frac{b}{a}$ , где  $a$  и  $b$  — стороны прямо-

угольника.

По этой формуле можно найти размер свободнообразующего отверстия бункера различной формы аппаратов механического действия. Чтобы указанная формула была действительна и для расчета вибробункера, необходимо в знаменатель этой формулы ввести опытный коэффициент  $K_d$ . Коэффициент динамичности  $K_d$  показывает, во сколько раз с применением вибрации уменьшается диаметр свободнообразующего отверстия. На основании экспериментальных данных для исследованных мульчматериалов коэффициент находится в пределах  $K_d = 3,7—4,3$  при оптимальных параметрах режимах вибрации ( $A=5$  мм,  $f=600—500$  кол/мин,  $A=10$  мм,  $f=500—400$  кол/мин,  $A=15$  мм,  $f=400—300$  кол/мин). Тогда формула для расчета  $d_{кр}$  аппаратов вибрационного действия в общем виде примет вид:

$$d_{кр} = \frac{2\tau_o(1 + \sin\varphi)}{\gamma \cdot K' \cdot K_d} \quad (4)$$

По величине  $d_{кр}$  можно выражать условия истечения:

1. Непрерывное устойчивое истечение при

$$d > d_{кр} \quad (5)$$

2. Истечение с перерывами при

$$d = d_{кр} \quad (6)$$

3. Отсутствие истечения при

$$d < d_{кр} \quad (7)$$

Сопоставление опытных и расчетных значений (таблица № 3) показывает, что  $d_{кр}^{расч}$  отличается от опытного на 5÷7%, что подтверждает применимость указанной формулы для практических расчетов.

#### II. ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ТУКОВЫСЕВАЮЩИХ АППАРАТОВ НА ВЫСЕВЕ МУЛЬЧМАТЕРИАЛОВ

Технологический процесс высева мульчирующих материалов рядовым способом аналогичен высеву минеральных удоб-

Таблица 3

Опытные и расчетные диаметры сводообразующих отверстий в статическом и динамическом состояниях.

Наименование материала	Влажность W %	Диаметр сводообразующих отверстий					
		в статическом состоян.			в динамическ. состоянии		
		опытн. мм	расчет мм	в % к опытн.	опытн. мм	расчет мм	в % к опытн.
Торф	30,1	140	131,1	94,6	35	32,7	93,3
Опилки	34,3	215	207,8	95,0	50	48,3	98,6
Перегной	25,3	105	98,4	93,8	30	28,6	95,3
Торф+опилки	32,3	180	175,1	97,3	45	44,7	99,3
Перегной+Опилки	30,1	130	121,4	97,2	35	34,5	98,5

рений туковысевающими аппаратами. Однако до настоящего времени процесс высева органических мульчирующих материалов туковысевающими аппаратами не изучен, специальных аппаратов для высева этих материалов не имеется.

Поэтому, прежде чем приступить к разработке аппарата специально для высева мульчирующих материалов, нами была поставлена задача исследовать существующие конструкции туковысевающих аппаратов на высева этих материалов. Объектами исследования являлись нижеперечисленные туковысевающие аппараты, имеющие наибольшее распространение.

**Выносящего действия:** АТ-2А «стандартный по ГОСТу» 6404—54, тарельчато-дисковый; АТТ-2—серийный, тарельчато-скребковый, конструкции ВИСХОМа; АТС-2 — серийный, дисково-скребковый, конструкции Степанова; АТД-2 — экспериментальный, конструкции ВИСХОМа и СКБ завода «Красная звезда»; НК-38А — серийный, тарельчато-скребковый, конструкции завода «Чирчиксельмаш».

**Выгребающего действия:** АТП-2, экспериментальный, ротационнопальчатый, конструкции ВИСХОМ.

Исследование аппаратов на высева мульчирующих материалов производилось по методике ВИСХОМа.

При исследовании работы туковысевающих аппаратов изучались следующие основные факторы, оказывающие влияние на качество высева: возможные пределы нормы высева, влияние влажности материалов на работоспособность аппаратов, устойчивость высева в зависимости от наполнения бункера и равномерность высева по длине пути на различных скоростях движения.

Испытания аппаратов производились на специальном стенде для группового метода исследования, изготовленном на кафедре эксплуатации машин, Киргизского СХИ. Аппараты, различные по конструкции и технологическому признаку, устанавливались на общем стенде и испытывались одновременно в одинаковых условиях. Режим работы аппаратов соответствовал их работе на сеялке или культиваторе-растениепитателе в производственных условиях при максимальной норме высева, допускаемой конструкцией. Норма высева выбрана максимальной потому, что для обеспечения параметров покрытия рядка мульчматериалами, требуемыми агротехникой, необходимо высевать объемы, значительно превышающие объем минеральных удобрений, высеваемых этими аппаратами.

Результаты исследований (таблица 4) показывают, что аппараты АТ-2А, АТТ-2 и АТС-2 могут обеспечить минимальные параметры покрытия рядка (ширина покрытия рядка  $B=50$  мм и толщина покрытия  $h=55$  мм) при скорости движения до 1 км/час. Поэтому эти аппараты, как не обеспечивающие норму высева на более высоких скоростях после предварительной проверки были сняты с дальнейших испытаний.

Аппараты АТД-2 и АТП-2 могут работать при скорости движения до 3—4 км/час.

Испытание аппарата НК-38А показало, что в серийном исполнении он не высеивает мульчматериалов из-за образования свода над высеивным отверстием. Ворошилки механического действия не дают нужного эффекта при разрушении свода в пассивно-сыпучих материалах, так как над ворошилками вновь образуется свод.

Поэтому для разрушения свода нами применена вибрация бункера, которая позволила осуществить устойчивый высеив исследуемых мульчматериалов при различной влажности. Наилучшие показатели высеив получились при частоте вибрации 600 кол./мин и амплитуде 5 мм и соответственно 400 и 10 и 300 и 15. Аппарат НК-38А с вибрирующим бункером может работать при скорости до 5 км/час. В таблице 4 приведены данные, полученные при параметрах вибрации: частоте 400 кол./мин и амплитуде — 10 мм.

Максимально-допустимая влажность мульчматериалов для аппаратов АТД-2 и АТП-2 — до 40% и для НК-38А — до 50%.

Результаты исследования аппаратов на равномерность высеив по длине пути, обработанные методом вариационной статистики, показывают, что наилучшая равномерность получена по аппарату НК-38А с вибрирующим бункером.



Таблица 4

Максимальный высев мульчматериалов и предельно-допустимая скорость, при которой обеспечиваются требуемые параметры покрытия рядка ( $h=5$  мм,  $v=50$  мм)

Наименование материала	Влажность (%)	Марка аппарата	Высев $дм^3/сек$			Скорость движения агрегата, $км/час$
			мульчпровод		сумма	
			левый	правый		
Опилки	21	АТ-2А	0,84	0,73	1,57	0,378
	21	АТТ-2	0,70	0,50	1,12	0,288
	21	АТС-2	0,86	0,81	1,67	0,402
	15,9	АТД-2	5,97	5,03	11,00	2,640
	15,2	АТП-2	9,72	10,12	19,84	4,666
	18,5	НК-38А	5,6	5,6	11,2	2,700
Торф	17,1	АТ-2А	0,61	0,73	1,34	0,324
	17,1	АТТ-2	1,00	1,12	2,12	0,51
	17,1	АТС-2	1,11	1,10	2,21	0,52
	18,9	АТД-2	4,9	4,75	9,65	2,316
	29,4	АТП-2	6,88	6,92	13,8	3,312
	19,5	НК-38А	11,28	10,12	21,4	5,14
Торф + + опилки	25	АТ-2А	0,96	0,95	1,91	0,46
	25	АТТ-2	0,65	0,78	1,43	0,343
	25	АТС-2	1,2	1,05	2,25	0,54
	17,7	АТД-2	6,69	6,39	13,08	3,14
	31,8	АТП-2	5,0	4,57	9,57	2,13
	18	НК-38А	10,0	9,9	19,90	4,78

Ввиду того, что существующие аппараты обеспечивают покрытие рядка только на малых скоростях движения, возникла необходимость разработать более производительные аппараты, позволяющие высевать до  $100 дм^3/мин$  и более, что обеспечит достаточное покрытие рядка на скоростях до  $15 км/час$ .

### III. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ПРЕДПОСЫЛКИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫСЕВА МУЛЬЧИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Поток мульчматериалов является одним из звеньев технологического процесса. В связи с этим возникает необходимость детально исследовать процесс опорожнения бункера, т. е. процесс истечения материалов через выпускное отверстие бункеров, а также основные факторы, влияющие на это истечение.

При высевах мульчирующих материалов существующими съемными баночными туковысевающими аппаратами или машинами для основного (разбросного) внесения одновременно имеют место два процесса:

1. Движение мульчирующих материалов внутри бункера и истечение из него.

2. Перемещение мульчматериалов за пределы бункера выносящим (выгребающим или выталкивающим) рабочим органом.

С целью обеспечения непрерывного высева мульчматериалов необходимо, чтобы форма и размеры бункера полностью исключали возможность образования сводов.

#### 1. Расчет пропускной способности бункеров

Удельный расход мульчирующих материалов через отверстие в плоском горизонтальном дне бункера, на основании положений механики сыпучих тел, находится по формуле:

$$Q = \mu \cdot \omega \sqrt{2 \cdot g \cdot K \cdot Z} \text{ см}^3/\text{сек} \quad (8)$$

где  $\mu$  — коэффициент истечения или коэффициент потери скорости (рис. 2);

$\omega$  — площадь выпускного отверстия,  $см^2$ ;

$g$  — ускорение силы тяжести,  $см/сек^2$ ;

$K$  — коэффициент зависания,

$$K = \frac{1 - \frac{1}{e^y}}{y}$$

$y$  — коэффициент определяемый по формуле

$$y = \frac{f \cdot \zeta \cdot Z}{R_{кр}}$$

$\zeta$  — коэффициент бокового давления, определяемый по формуле

$$\zeta = tg^2 \left( 45 - \frac{\varphi}{2} \right) \quad (9)$$

$Z$  — высота слоя в бункере,  $см$ .

#### 2. Теоретические предпосылки изменения плотности мульчматериалов при вибрационном воздействии

При вибрационном воздействии в слое появляются силы инерции, пропорционально величине ускорения

$$j = A_k \cdot \omega^2 \cdot \cos \omega t \quad (10)$$

где  $A_k$  — амплитуда колебаний;

$\omega$  — круговая частота.

Максимальное уплотнение слоя получается при вибрации,

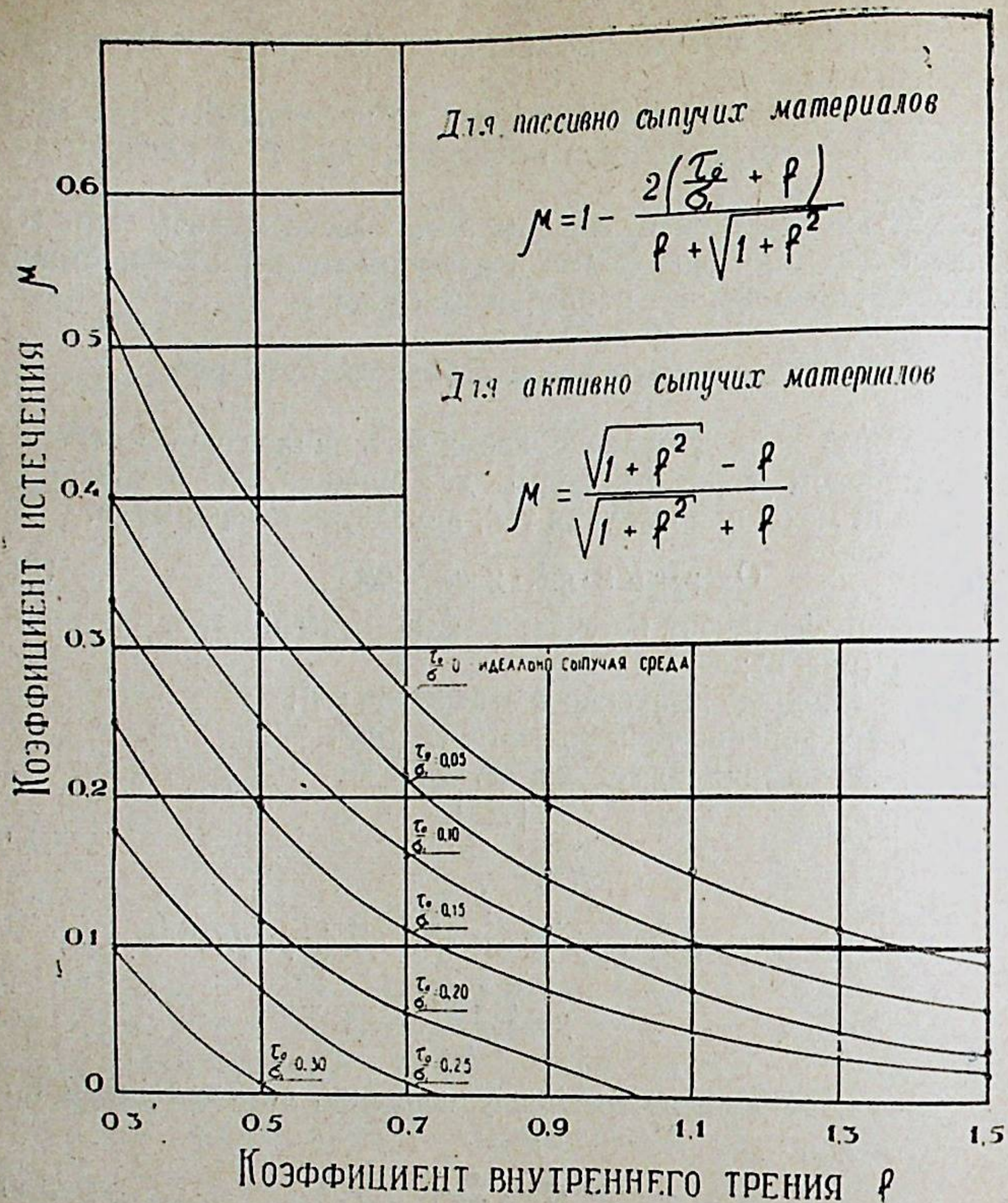


Рис. 2. График для определения коэффициента истечения.

создающей максимальные инерционные силы, но не вызывающей отрыв частиц материала от вибрирующей поверхности, т. е. при ускорении колебательного процесса, равном ускорению свободного падения:

$$j = g = 9,81 \text{ м/сек}^2. \quad (11)$$

При вибрационных колебаниях, вызывающих отрыв частиц от вибрирующей поверхности, т. е. при  $j > g$  слой, периодически разрыхляется при свободном полете частиц и уплотняется, когда ускорение колебательного движения направлено вверх.

Момент отрыва частиц от опорной поверхности аппарата определяется из условия ее динамического равновесия

$$t_{om} = \frac{1}{\omega} \arccos \frac{1}{\Pi_k}, \quad (12)$$

где  $\Pi_k = \frac{A_k \cdot \omega^2}{g}$  — параметр режима колебаний.

После отрыва частица перемещается как тело, брошенное с начальной скоростью:

$$v_{om} = A_k \omega \cdot \sin \omega t_{om} \quad (13)$$

Координата частицы материала в момент соударения с вибрирующей опорной поверхностью аппарата определяется уравнением:

$$Y_m = Y_{om} + v_{om}(t_{nad} - t_{om}) - \frac{g}{2}(t_{nad} - t_{om})^2 \quad (14)$$

в момент отрыва:

$$Y_{om} = A_k \cdot \cos \omega t_{om} = \frac{A_k}{\Pi_k} = \frac{g}{\omega^2}. \quad (15)$$

Время полета частицы:

$$t_{nad} - t_{om} = \frac{2\pi}{\omega} C, \quad (16)$$

где  $C$  — отношение длительности полета частицы к периоду колебаний.

Координата вибрирующей опорной поверхности в момент падения частицы:

$$Y_n = \frac{A_k}{\Pi_k} (\cos 2\pi C - \sin 2\pi C \sqrt{\Pi_k^2 - 1}). \quad (17)$$

Параметр режима колебаний  $\Pi_k$  находится из условия равенства  $Y_m = Y_n$

$$\Pi_k = \sqrt{\frac{\cos 2\pi C + 2\pi^2 C^2}{\sin 2\pi C - 2\pi C} + 1}. \quad (18)$$

Относительная продолжительность уплотненного состояния слоя определяется как

$$Q = \frac{t_y}{T}, \quad (19)$$

где  $t_y$  — продолжительность периода уплотнения слоя,  $T$  — период колебательного движения частиц.

Средняя относительная продолжительность периода уплотнения слоя при вибрации падает с ростом параметра режима  $\Pi_k$ .

322435

Максимальная высота подброса частицы относительно среднего положения вибрирующей поверхности с учетом координаты в момент отрыва составляет

$$H_{max} = \frac{g}{\omega^2} \left( \frac{1 + P^2_{\kappa}}{2} \right). \quad (20)$$

При одинаковых значениях параметра режима колебаний более интенсивное уплотнение создается при большей частоте вибраций. Для разрыхления мульчирующего материала и подачи его к выпускному отверстию необходимо создавать вибрацию с возможно меньшей частотой и большей амплитудой, вызывающей отрыв частиц друг от друга. Оптимальные режимы вибрации делают систему устойчивой от внешних действующих факторов. При вибрации возникают значительные силы, способные легко разрушить любую связь между отдельными элементами массы. Вибрация создает высокоустойчивый пульсирующий поток отдельных частиц сыпучих масс, механический фактор принудительного выталкивания частиц массы из бункера в данном случае заменяется кинетическим фактором, представляющим возможность свободного выхода частиц массы из аппарата.

#### IV. РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ АППАРАТА ВИБРАЦИОННОГО ТИПА ДЛЯ ВЫСЕВА МУЛЬЧИ

Изучение физико-механических свойств мульчирующих материалов, теоретическое и экспериментальное исследование критических диаметров свободнообразующих отверстий и процесса высева существующими туковысевающими аппаратами явилось основанием для разработки агротехнических требований, технического задания на проектирование аппарата для высева различных мульчматериалов.

В связи с тем, что ни один из существующих туковысевающих аппаратов не удовлетворяет агротребованиям на высева мульчматериалов, нами разработаны и исследованы две конструкции аппаратов:

1) аппарат вибрационного действия;

2) аппарат вибрационно-механического действия (рис. 3).

Принцип работы аппарата вибрационно-механического действия заключается в следующем. Мульчматериалы засыпаются в бункер 1, после чего устанавливается норма высева обычным путем и заслонка 3 в нужном положении фиксируется болтом 5. При движении агрегата от вала отбора мощности трактора через редуктор передается вращение валу вибраторов 11, а от него эксцентриком 12. Колебания от эксцентрика

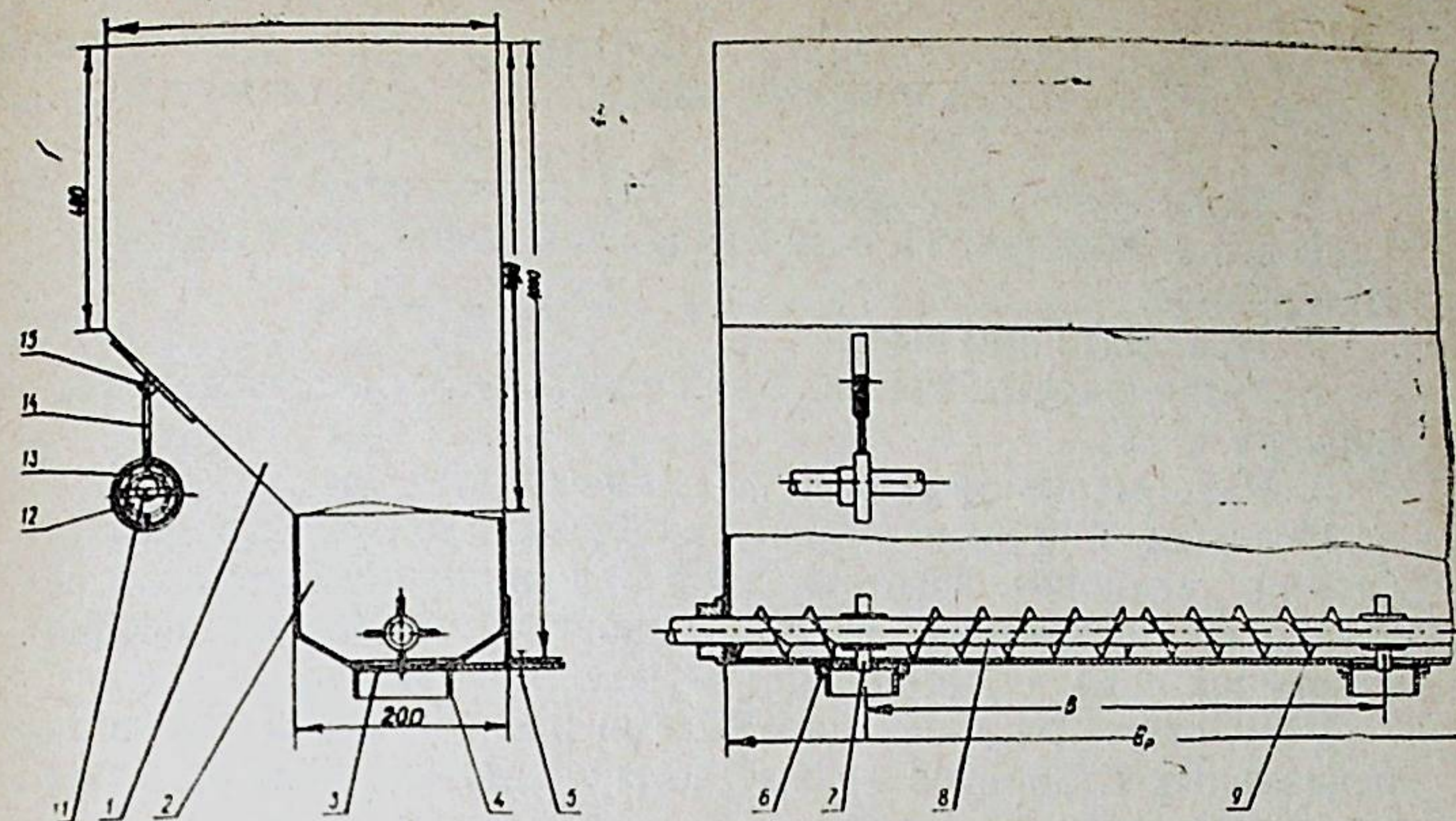


Рис. 3. Экспериментальный аппарат вибрационно-механического действия для высева мульчирующих материалов.

Условные обозначения:

1 — бункер, 2 — нижняя часть трапецидальной формы, 3 — заслонка-регулятор нормы высева, 4 — основание мульчпровода, 5 — болт, фиксирующий регулятор нормы высева, 5 — болт, фиксирующий основание мульчпровода на заданное междурядье, 7 — мотылек, 8 — высевающий вал, 9 — шнеки, 10 — втулка-опора бункера, 11 — вал вибратора, 12 — эксцентрик, 13 — подшипник, 14 — шатун, 15 — шарнир.

передаются бункеру 1 через шатун 14 и шарнир 15. Привод мотылькового вала 8 осуществляется от ходовых колес машины. При работе мульчматериалы инерционными силами сбрасываются в нижнюю часть бункера на мотыльки 7, которые обеспечивают более равномерный высев мульчматериалов при больших нормах высева. К моменту опорожнения бункера мульчирующие материалы подаются к высевающим отверстиям шнеками 9, чем обеспечивается высокая равномерность высева вне зависимости от заполнения бункера. После выключения вибрации и отключения вала мотыльков 8 высев мульчирующих материалов прекращается, вследствие образования сводов над высевающими отверстиями, размер которых меньше  $d_{кр}$  для статистических условий.

Аппарат вибрационного типа отличается от описанного отсутствием мотылькового вала со шнеками.

При исследовании экспериментальных аппаратов изучались следующие вопросы:

1. Определение оптимальных параметров вибрации и раз-

меров выпускного отверстия, обеспечивающих устойчивый высев различных мульчматериалов при различных влажностях.

2. Проверка теоретических предположений при помощи скоростной киносъемки о влиянии вибрации на уплотнение материалов.

3. Пределы норм высева.

4. Устойчивость высева в зависимости от наполнения бункера.

5. Равномерность высева по длине пути.

Исследование экспериментальных аппаратов производилось на установке, изготовленной в дополнение к стенду для группового испытания туковысевающих аппаратов и обеспечивающей передачу вращения на вал вибраторов.

Результаты опытных данных по исследованию экспериментальных аппаратов на высева мульчматериалов (таблица 5 и 6) показали:

1. Устойчивый высев мульчматериалов происходит при вибрационных колебаниях, вызывающих отрыв частиц друг от друга (скоростная киносъемка), и улучшается прямо пропорционально увеличению площади выпускного отверстия.

2. За оптимальные режимы вибрации принято считать те режимы вибрации, которые обеспечивают норму высева мульчматериалов, составляющую 80 и более процентов от расчетной нормы: это частота колебаний в минуту 600; 500 ÷ 400 и 400 ÷ 300 при амплитуде колебаний в мм соответственно 5, 10 и 15 мм.

3. За расчетную производительность принималась производительность, определенная по формуле (8) при диаметре высевного отверстия 50 мм. При этом расчетная производительность на высева различных материалов составила: для торфа влажностью  $W=31\%$  — 21,4  $дм^3/мин$  и для опилок ( $W=29,3\%$ ) — 20,9  $дм^3/мин$ ; для смеси торфа с опилками ( $W=33,1\%$ ) — 23,6  $дм^3/мин$ .

4. С увеличением параметров вибрации производительность аппарата вибрационного типа увеличивается и при оптимальных режимах приближается к расчетной.

#### V. ПОЛЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ АППАРАТОВ НА ВЫСЕВЕ МУЛЬЧИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Полевым испытаниям подвергались аппараты, показавшие наилучшие результаты при высева мульчматериалов в лабораторных условиях.

Результаты опытов по определению нормы высева различных мульчирующих материалов приведены в таблице 5.

Таблица 5

Площадь выпускного отверстия в $см^2$	Высев в $дм^3/мин$		
	торф $W=22,5\%$	торф+опилки $W=27,5\%$	опилки $W=40,3\%$

#### АВММ-2

20	26	25	15
30	43	44	21
40	58	60	38
50	82	90	55
60	104	110	80
70	124	129	110

#### АВМ-1

9	9,0	8,0	7,0
16	12,0	11,9	10,5
25	28,0	29,5	23,3

Результаты изменения производительности аппарата вибрационного типа в зависимости от параметров вибрации (в % от расчетной производительности) показаны в таблице 6.

Таблица 6

Амплитуда, мм	Частота колеб., /мин	Производительность в мин.					
		торф $W=31\%$		опилки $W=29,3\%$		торф+опилки $W=33,1\%$	
		$дм^3/мин$	% от Q расч.	$дм^3/мин$	% от Q расч.	$дм^3/мин$	% от Q расч.
5	200	—	—	—	—	—	—
	300	0,40	2,0	0,20	0,9	—	—
	400	14,76	69,0	4,20	2,0	13,00	55,4
	500	19,24	89,9	12,28	58,6	20,68	92,6
	600	21,40	99,7	16,90	80,7	23,88	101,6
10	200	2,40	10,5	—	—	5,02	22,0
	300	17,54	81,9	12,40	59,5	12,68	54,0
	400	20,66	96,5	16,20	77,3	19,46	82,8
	500	21,74	101,6	17,52	83,3	23,48	99,1
	600	22,20	103,8	19,32	92,2	24,26	103,3
15	200	4,40	19,8	4,76	22,6	6,60	27,7
	300	17,40	81,4	10,42	52,1	18,74	78,9
	400	19,04	88,9	15,34	73,2	20,36	86,7
	500	19,28	90,1	17,50	83,5	23,46	99,8
	600	20,20	94,2	19,74	94,1	26,72	103,7

Это аппарат НК-38А с вибрирующим бункером и экспериментальный аппарат вибрационно-механического действия.

Для проведения полевых испытаний изготовлены приспособления для припосевного мульчирования к прицепной СОД-24 и наливной СКОН-4,2 овощным сеялкам. Приспособления сделаны таким образом, что на каждый рядок посева установлен отдельный аппарат.

Результаты полевых испытаний показали, что фактическая площадь поперечного сечения слоя мульчматериала, нанесенного на рядок, а следовательно, и объем материалов на погонный метр рядка близки к расчетной.

Параметры вибрации рамы сеялки от неровностей поля увеличиваются с увеличением скорости движения агрегата. Исследования А. М. Щербакова показывают, что при изменении скорости движения от 4,8 км/час до 8,3 км/час амплитуда колебаний рамы сеялки от неровностей поля увеличивается от 6 до 14,5 мм, а частота от 7 до 9,0 колебаний в секунду, т. е. находится в пределах колебаний вибрационного аппарата. Следовательно, вибрация от неровностей поля не может влиять на работу вибрационного действия.

Для использования посевного агрегата с мульчированием в полевых условиях на основании проведенных исследований разработана номограмма, позволяющая производить выбор основных эксплуатационных показателей.

Задаваясь основными параметрами — толщиной и шириной покрытия рядка, шириной междурядья — по номограмме находятся остальные показатели: норма высева на 1 га, скорость движения при различной производительности аппарата и размеры высевающего отверстия на высева различных мульчирующих материалов.

В настоящее время модернизированный аппарат НК-38А с вибрирующим бункером и экспериментальный аппарат вибрационно-механического действия проходят производственную проверку в овощеводческих совхозах Чуйской долины «Пригородный» и «Майский».

Результаты проведенной работы позволяют сделать следующие выводы:

1. Полученные данные по коэффициентам внешнего трения скольжения, объемным весам, коэффициентам уплотнения, критическим диаметрам свободобразующих отверстий и другим свойствам в статическом и динамическом состояниях изученных мульчирующих материалов могут быть использованы для проведения инженерных расчетов при создании новых конструкций рабочих органов, аппаратов и машин и выбора оптимальных режимов их работы.

2. Коэффициент внешнего трения скольжения исследуемых мульчматериалов при различной влажности может быть рассчитан по формуле:  $f_{ск} = Q + k W_x$ .

3. Для разрыхления мульчирующего материала и подачи его к выпускному отверстию необходимо создавать вибрацию с возможно меньшей частотой и большей амплитудой, т. е. вибрацию, вызывающую отрыв частиц друг от друга. Оптимальные режимы вибрации делают систему устойчивой от влияния внешних факторов. Исследованиями установлено, что оптимальными режимами являются режимы с соотношением амплитуды и частоты вибрации соответственно  $A=5$  мм и  $f=600$  кол/мин;  $A=10$  и  $f=500$ ;  $A=15$  и  $f=400$ .

4. Произведенные теоретические и экспериментальные исследования дали возможность установить критические диаметры сводообразующих отверстий в зависимости от их формы и свойств высеваемых материалов, этот диаметр для аппаратов невибрационного типа должен быть не менее 260 мм, а в аппаратах вибрационного типа он может быть уменьшен до 50 ÷ 60 мм.

5. Из существующих туковысевающих аппаратов можно рекомендовать для высева мульчматериалов аппарат НК-38А с вибрирующим бункером при скорости до 4 км/час.

6. Разработано техническое задание на проектирование аппарата для высева мульчирующих материалов.

7. Экспериментальный аппарат вибрационно-механического типа обеспечивает параметры покрытия рядка, требуемые агроправилами, на скоростях движения до 15 км/час.

Содержание диссертации опубликовано в следующих печатных работах:

1. Бочкарев А. В. Использование туковысевающих аппаратов для высева мульчирующих материалов. Ж. «Сельское хозяйство Киргизии», № 1, 1966 г.

2. Бочкарев А. В. Приспособление к овощной сеялке и аппараты вибрационного типа для припосевного мульчирования. Кирг. ИНТИ, Информационный листок № 3, 1966 г.

3. Бочкарев А. В. Мульчирование овощных культур, Фрунзе, 1966 г.

4. Бочкарев А. В. Экспериментальное и теоретическое обоснование аппарата для высева мульчи при безрассадном выращивании овощных культур на тяжелых почвах. Тезисы докладов. Республиканская конференция молодых ученых Киргизской ССР, Фрунзе, 1966 г.

Содержание диссертации доложено:

1. На научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Казахского сельскохозяйственного института, г. Алма-Ата, 1965—1966 гг.

2. На научно-технических конференциях профессорско-преподавательского состава Киргизского сельскохозяйственного института им. К. И. Скрябина, г. Фрунзе, 1965—1966 гг.

3. На Республиканской конференции молодых ученых Киргизской ССР,  
г. Фрунзе, 1966 г.

4. На секции НТС ВИСХОМа отделов почвообрабатывающих и посев-  
ных машин и машин для внесения удобрений, Москва, 1966 г.

---

Подписано в печать 26/IV 1967 г. Формат бумаги 60×90<sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Объем 1,5 п. л. Д — 00199. Зак. 674. Тираж 250 экз.

---

г. Фрунзе, тип. АН Киргиз. ССР.