

УДК 631.331.022.69

UDC 631.331.022.69

**ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ СЕМЯН С  
ВИБРИРУЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

**INTERACTION OF SEEDS WITH VIBRATING  
SURFACE**

Петунина Ирина Александровна  
д.т.н., профессор

Petunina Irina Aleksandrovna  
Dr.Sci.Tech., professor

Баловнев Кирилл Александрович  
ассистент  
*Кубанский государственный аграрный универси-  
тет, Краснодар, Россия*

Balovnev Kirill Aleksandrovitch  
assistant  
*Kuban State Agrarian University, Krasnodar, Russia*

В статье приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований физико-механических свойств семян овощных культур и их взаимодействие с вибрирующими поверхностями рабочих органов высевающих аппаратов. Представлен общий вид лабораторной установки, разработанной авторами статьи

In the article we present the results of theoretical and experimental researches of physic-mechanical properties of seeds of vegetable cultures and their interaction with vibrating surfaces of working bodies of sowing devices. The general view of the laboratory installation developed by the authors of the article has been presented

Ключевые слова: СЕМЕНА, ИМПУЛЬСНЫЙ ВЫСЕВАЮЩИЙ АППАРАТ, КОЛЕБАНИЯ, АМПЛИТУДА, ЧАСТОТА, КОЭФФИЦИЕНТ ТРЕНИЯ

Keywords: SIMEON, PULSE SOWING DEVICE, FLUCTUATIONS, AMPLITUDE, FREQUENCY, FRICTION FACTOR

Предварительный анализ исследований работы высевающих аппаратов различных конструкций показал, что в большей степени исходным требованиям отвечают такие, в которых используется принцип управляемых колебаний. Таким образом, можно считать, что направление исследований вибрационных высевающих аппаратов является актуальным, так как они наиболее полно отвечают исходным требованиям к таким аппаратам.

Для установления влияния колебаний на процесс выделения и транспортирования семян овощных культур необходимо знать их основные физико-механические свойства.

В результате проведенных исследований были получены значения коэффициентов и углов трения покоя, движения и естественного откоса для семян овощных мелкосеменных культур районированных в Краснодарском крае: лука-севка «Краснодарский Г-35», томатов «Подарок Кубани», редиса «18 дней», петрушки листовой, кориандра «Янтарь», огурца «Солнечный», перца болгарского «Геркулес», щавеля «Бельвильский» и свеклы

односемянной темно-красной.

Анализ данных позволил установить, что некоторые физико-механические свойства и размерные характеристики имеют значительный разброс.

Относительная влажность исследованного семенного материала колебалась от 7,5-8,0 до 12,5%.

Критические скорости для семян исследованных культур имеют достаточно широкий диапазон варьирования – от 2,5 до 16,0 м/с.

Так, для семян кориандра они колеблются от 2,5 до 9,5 м/с, а гороха от 7,0 до 16,0 м/с.

Размерные характеристики семян (длина, ширина и толщина) изменяются от 1,2 до 18,6 мм. Длина колеблется от 1,5 до 18,6 мм, ширина от 1,2 до 8,0 мм, а толщина от 0,8 до 8,0 мм.

Насыпная масса для исследуемых семян варьирует в интервале от 0,36 до 0,81 т/м<sup>3</sup>.

Приведенные выше данные ставили задачу выбора такого высевающего аппарата, который мог бы обладать возможностью пропускать семена, имеющие такие характеристики, без заторов в соответствии с заданным законом движения.

Масса 1000 штук семян изученного материала имела очень большую разницу, которая колеблется от 2,1 до 160 грамм. Это накладывает определенные ограничения на конструктивные характеристики механизмов для выделения из общей массы вороха и транспортирования.

Анализ значений коэффициентов восстановления не дал возможность выявить различия характеристик семенного материала овощных и злаковых культур. Колебания коэффициентов восстановления для них имеют одинаковые значения при равных характеристиках плотности массы этих семян, которые различаются в зависимости от скорости соударения с поверхностью при ударе для скоростей от 0,1 до 2,5 м/с. Значения коэффи-

циентов восстановления изменялись от 0,78 до 0,12.

Коэффициенты трения покоя имели значения от 0,32 до 0,96 в зависимости от шероховатости поверхности. В качестве исследуемых поверхностей были выбраны органическое стекло, виниловый полимер, сталь черная, сталь оцинкованная, резина и почва. На коэффициенты трения явно оказывала влияние влажность семенного материала. Так, для сухой поверхности резины коэффициенты трения примерно в 2,4-3,0 раза меньше, чем влажной.

Коэффициенты трения движения отличаются от коэффициентов трения покоя, и они меньше в 1,04-1,30 раза.

**Изменение уровня семян в бункере импульсного дозатора в зависимости от длительности импульса и угловой амплитуды колебаний.**

Колебательный контур, задающий режим работы высевающего аппарата, влияет на все его детали. Это, в свою очередь, вызывает колебания практически всей системы.

Семенной материал, находящийся в аппарате, испытывает такие же колебания что и вся система.

Бункер с семенным материалом, совершающий колебания воздействует на семена, что приводит к ожижению и постепенному стеканию их вниз.

Для проведения исследований была разработана и изготовлена лабораторная установка (см. рисунок 1).

Изменение уровня семян в бункере импульсного дозатора в зависимости от длительности импульса и угловой амплитуды колебаний можно вычислить по формуле

$$H(\Delta t) = \frac{1}{2g} \left( \frac{R \cdot \alpha}{2f \cdot \Delta t} - \frac{g \cdot \Delta t \cdot \cos \alpha \cdot (\operatorname{tg} \alpha + f)}{2f \cdot \alpha} \right)^2, \quad (1)$$

где  $H$  – высота подъема семян в камере обратной связи, м;

$R$  – длина рабочего органа, м;

$\Delta t$  – длительность импульса, с;

$f$  – коэффициент трения;

$\alpha$  – амплитуда угловых колебаний, рад.;

$g$  – ускорение силы тяжести.



Рисунок 1 – Лабораторная установка с импульсным высевающим аппаратом

Графическая интерпретация выражения (1) дана на рисунке 2.

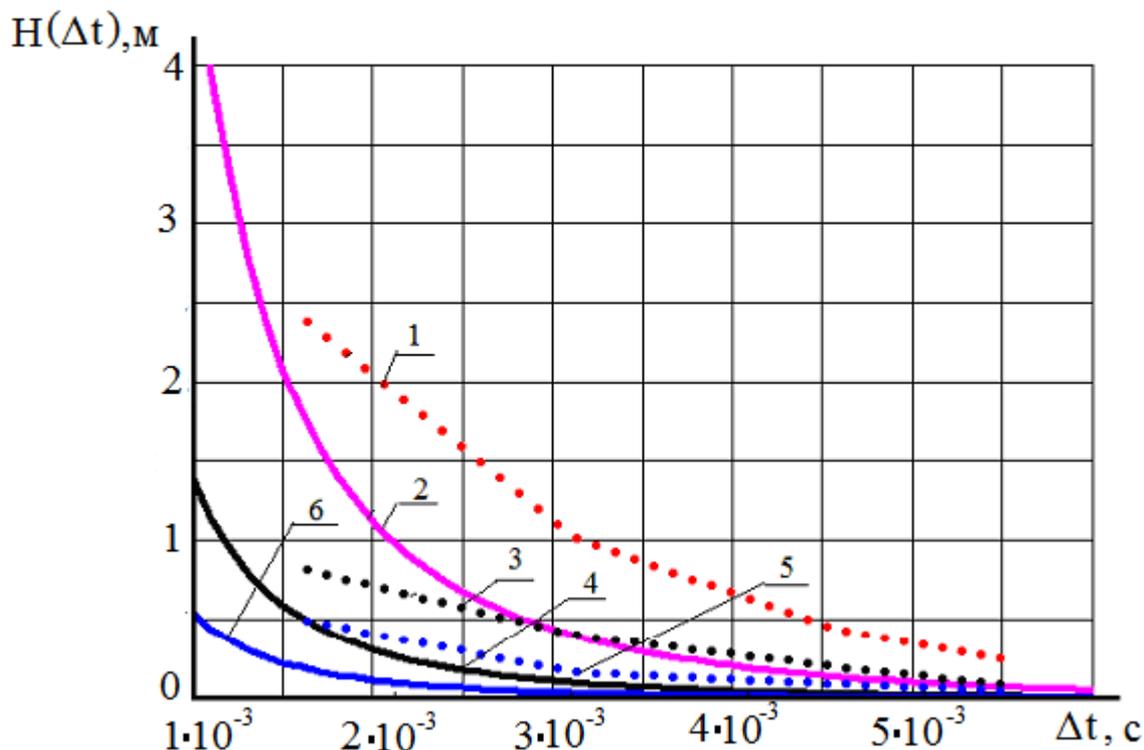
Лабораторными исследованиями установлены предельные значения величин, входящих в выражение (1):

– длина рабочего органа, совершающего колебательные движения и зада-

ющего всему комплексу высевающего аппарата определенный режим движения, должен составлять величину от 0,08 до 0,12 м;

– длительность импульса, обеспечивающая рабочий режим перемещения семян, должна составлять величину от  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $6 \cdot 10^{-3}$  с;

– амплитуда угловых колебаний должна составлять величину, которая колеблется от 0,017 до 0,209 рад.



*1,3,5 – экспериментальные кривые, 2,4,6 – теоретические кривые при коэффициентах трения движения  $f = 0,26; 0,48; 0,76$*

Рисунок 2 – Влияние времени импульса  $\Delta t$  на изменение уровня  $H$  семян в бункере при различных шероховатостях поверхностей:

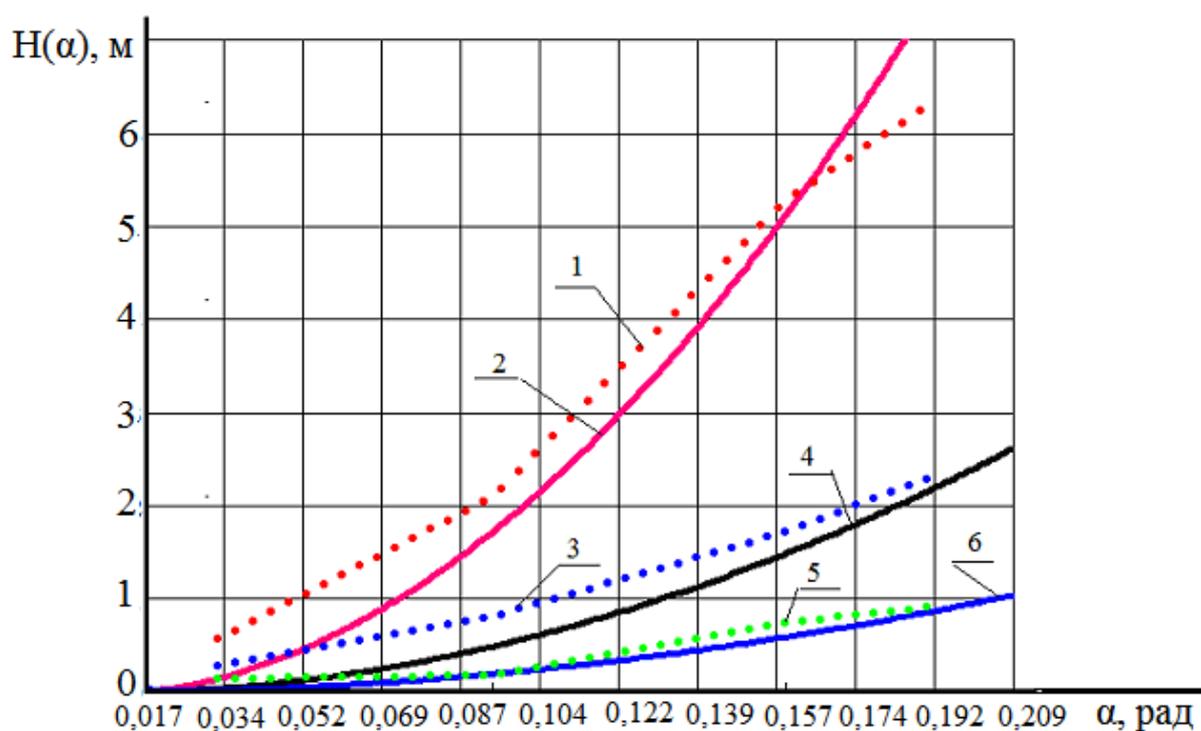
На основании анализа графического материала (см. рисунок 2) было установлено, что увеличение времени импульса приводит к уменьшению уровня семян в бункере по гиперболическому закону.

Влияние шероховатости поверхности колебательного контура и семян было исследовано в интервале для значений от 0,26 до 0,76.

Как показали результаты исследований, шероховатость поверхно-

стей, сильно влияет на процесс распределения семян в бункере высевающего аппарата. Увеличение шероховатости приводит к резкому уменьшению уровня семян в бункере высевающего аппарата. Из чего следует, что применение материалов имеющих значительную шероховатость приводит к снижению эффекта оживания семенного материала.

Изучение влияния амплитуды угловых колебаний на уровень семенного материала в бункере высевающего аппарата при различной шероховатости рабочих поверхностей представлено на рисунке 3.



*1,3,5 – экспериментальные кривые; 2,4,6 – теоретические кривые при коэффициентах трения движения 0,26; 0,48; 0,76*

Рисунок 3 – Влияние амплитуды колебаний  $\alpha$  на изменение уровня  $H$  семян в бункере при различных шероховатостях поверхностей

Также изучалось влияние не только угловых колебаний, но и шероховатости поверхностей, которые в процессе эксплуатации могут изменяться с большим размахом. Такой характер разброса значений обусловлен

значениями влажности и гибридными особенностями даже для одного и того же семенного материала. В результате исследований было выявлено влияние этих показателей.

На основании анализа графического материала (см. рисунок 3) было установлено, что увеличение амплитуды колебаний приводит к увеличению уровня семян в бункере по гиперболическому закону. При этом, увеличение шероховатости приводит к резкому увеличению уровня семян в бункере высевающего аппарата. Из чего следует, что применение материалов имеющих значительную шероховатость приводит к усилению эффекта ожигения семенного материала.

#### **Изменение скорости семян на рабочем органе импульсного дозатора от длительности импульса и угловой амплитуды колебаний.**

Процесс распределения семян при посеве и производительность посевного агрегата во многом зависят от скорости истечения семенного материала с импульсного колебательного контура.

На скорость схода семенного материала влияют такие показатели, как длительность импульса и величина угловой амплитуды. Величину скорости определили по выражению

$$V(\Delta t) = \frac{R \cdot \alpha}{2f \cdot \Delta t} - \frac{g \cdot \Delta t \cdot \cos \alpha \cdot (\operatorname{tg} \alpha + f)}{2f \cdot \alpha}. \quad (2)$$

В результате проведенных лабораторных исследований было установлено, что:

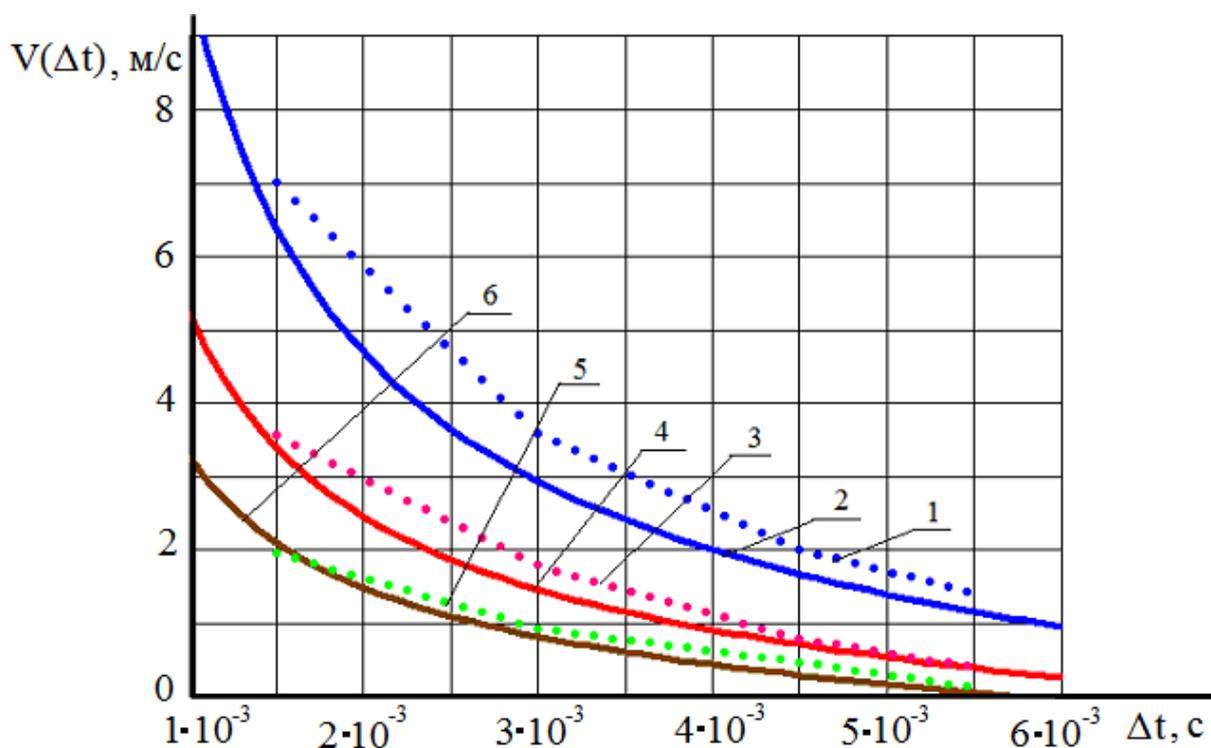
- длина рабочего органа  $R$  должна быть от 0,08 до 0,12 м;
- длительность импульса  $\Delta t$  от  $1 \cdot 10^{-3}$  до  $6 \cdot 10^{-3}$  с;
- амплитуда угловых колебаний от 0,017 до 0,209 рад.

Коэффициент трения  $f$  был принят равным 0,3.

Графическая интерпретация изменения скорости схода семян с коле-

бательного контура в зависимости от длительности импульса представлена на рисунке 4.

Изменение скорости тела на рабочем органе импульсного дозатора от длительности импульса происходит по гиперболическому закону. Изменение шероховатости в сторону увеличения снижает скорость движения семени по поверхности импульсного дозатора. Также на скорость схода семян влияет продолжительность импульса. При увеличении времени импульса скорость движения семени снижается.



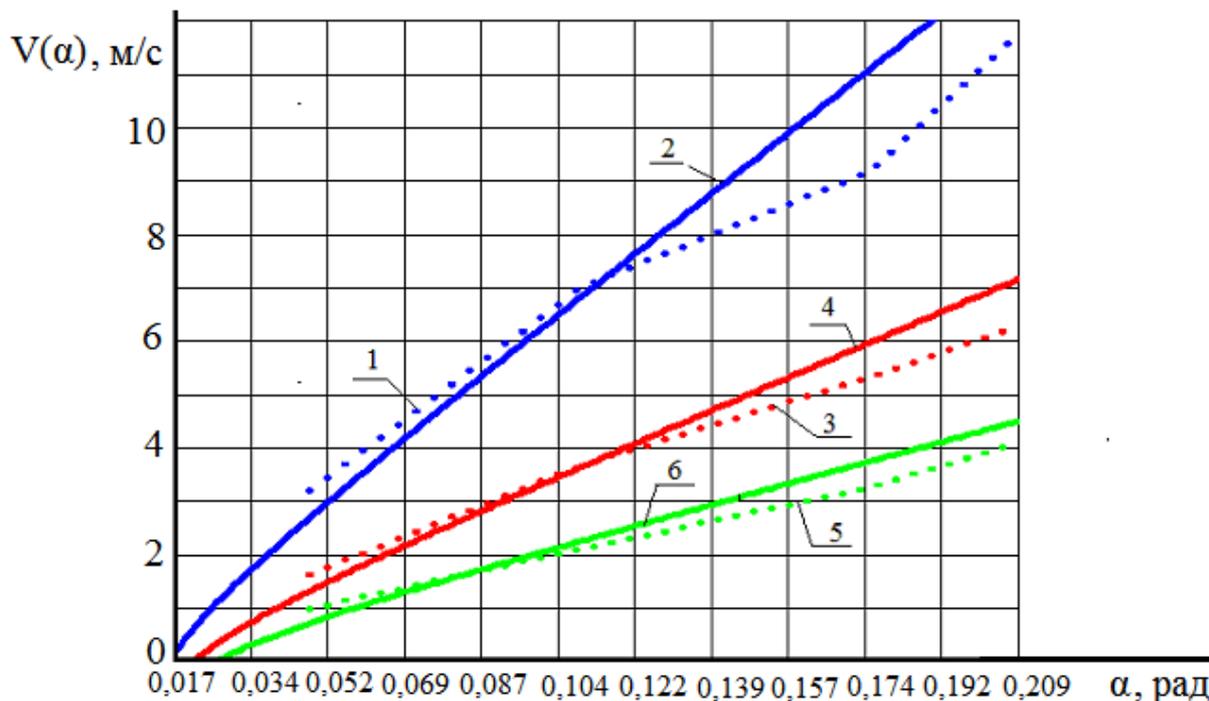
*1,3,5 – экспериментальные кривые; 2,4,6 – теоретические кривые при коэффициентах трения движения 0,26; 0,48; 0,76*

Рисунок 4 – Изменение скорости семян  $V$  на рабочем органе импульсного дозатора от длительности импульса  $\Delta t$  при различных шероховатостях поверхностей

Таким образом, изменяя шероховатость поверхности импульсного дозатора и продолжительность импульса можно регулировать норму высева семян.

Скорость семени на импульсном дозаторе можно изменять, изменяя угловую амплитуду  $\alpha$ .

На рисунке 5 представлена графическая интерпретация влияния угловой амплитуды на скорость движения семян по вибратору.



*1,3,5 – экспериментальные кривые; 2,4,6 – теоретические кривые при коэффициентах трения движения 0,26; 0,48; 0,76*

Рисунок 5 – Изменение скорости семян  $V$  на рабочем органе импульсного дозатора от угловой амплитуды  $\alpha$  при различных шероховатостях поверхностей

Изменение скорости тела на рабочем органе импульсного дозатора от угловой амплитуды  $\alpha$  происходит по прямолинейному закону.

При увеличении шероховатости снижается скорость движения семени по поверхности импульсного дозатора.

Также на скорость схода семян влияет величина угловой амплитуды.

При увеличении угловой амплитуды скорость движения семени возрастает.

Таким образом, изменяя шероховатость поверхности импульсного дозатора и угловую амплитуду можно регулировать норму высева семян.

### **Изменение шага перемещения семян по рабочему органу импульсного дозатора.**

Зависимость шага перемещения семени  $L$  по дозирующему рабочему органу импульсного дозатора от длительности импульса  $\alpha$  при различной шероховатости поверхности рабочего органа находили по формуле (3) (рисунк 6).

$$L(\Delta t) = \frac{R \cdot \alpha}{2f} - \frac{g \cdot \Delta t^2 \cdot \cos \alpha \cdot (tg \alpha + f)}{2f \cdot \alpha}. \quad (3)$$

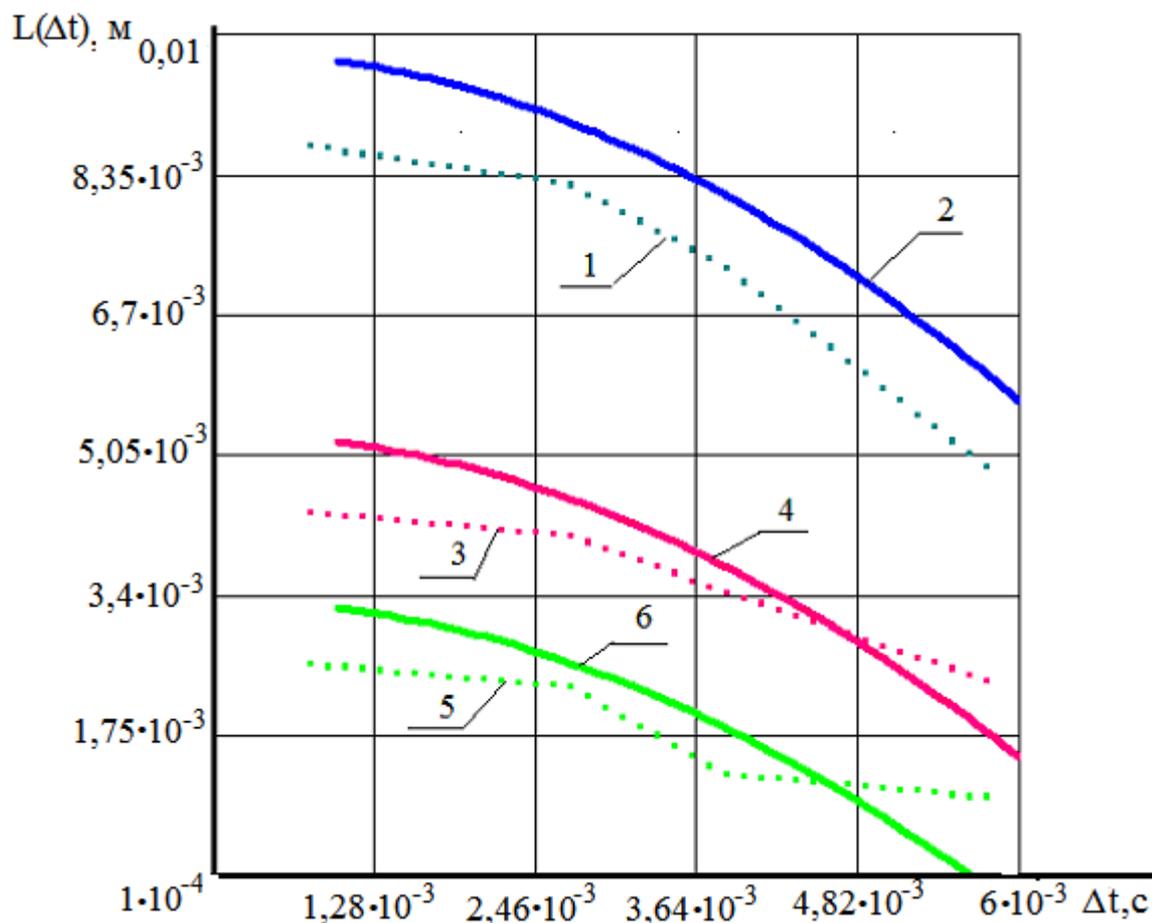
Анализ графической интерпретации выражения (3), отражающего процесс перемещения тела по поверхности при импульсном воздействии на него, дает основание сделать заключение, что увеличение времени импульса приводит к уменьшению шага.

Шероховатость поверхности рабочего органа, а также перемещаемого тела играют значительную роль в процессе транспортирования последнего по поверхности вибратора. Уменьшение шероховатости и длительности импульса увеличивает эффект и приводит к увеличению шага перемещения тела по поверхности рабочего органа вибратора.

Изменение шага перемещения тела  $L$  по рабочему органу импульсного дозатора от угловой амплитуды  $\alpha$  при различной шероховатости поверхности рабочего органа представлено на рисунке 7.

Анализ графической интерпретации выражения (3), отражающего процесс перемещения тела по поверхности при импульсном воздействии на него, дает основание сделать заключение, что увеличение угловой ам-

плитуды приводит к увеличению шага.

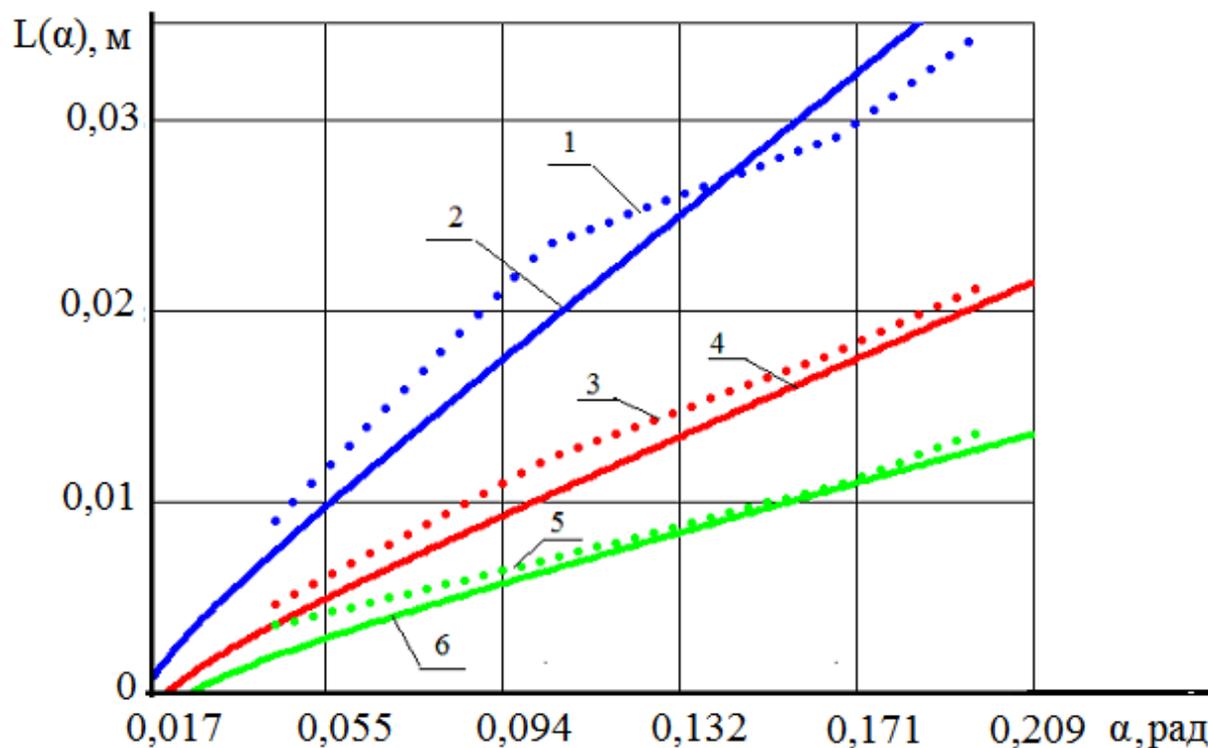


*1,3,5 – экспериментальные кривые; 2,4,6 – теоретические кривые при коэффициентах трения движения 0,26; 0,48; 0,76*

Рисунок 6 – Изменение шага перемещения семян  $L$  по рабочему органу импульсного дозатора от длительности импульса  $\Delta t$  при различной шероховатости поверхности рабочего органа

Последовательное поступление семян к семяпроводу или непосредственно в борозду с дозирующего устройства, в зависимости от конструкции высевающего аппарата, определяет равномерность распределения их в почве. Этот процесс зависит от длительности импульса и угловой амплитуды колебаний.

Уменьшение шероховатости и увеличение угловой амплитуды увеличивает эффект и приводит к увеличению шага перемещения тела по поверхности рабочего органа вибратора.



*1,3,5 – экспериментальные кривые, 2,4,6 – теоретические кривые при коэффициентах трения движения 0,26; 0,48; 0,76*

Рисунок 7 – Изменение шага перемещения семян  $L$  по рабочему органу импульсного дозатора от угловой амплитуды  $\alpha$  при различной шероховатости поверхности рабочего органа

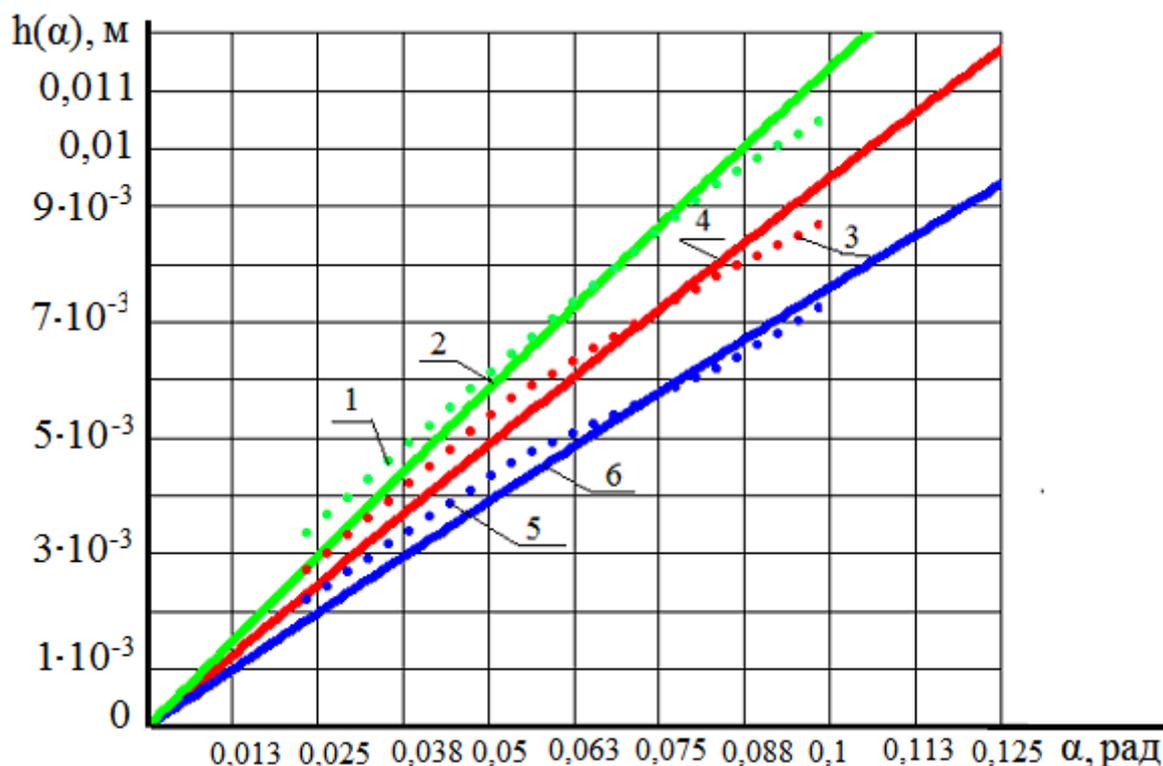
**Изменение высоты  $h$  подбрасывания семян на рабочем органе длиной  $R$ , вибрирующем относительно неподвижной оси.**

Изменение высоты  $h$  подъема семян над поверхностью рабочего органа длиной  $R$  при импульсном воздействии исследовалось при изменении длины рабочего органа от 0,08 до 0,12 м, времени импульса  $\Delta t = 0,01$  с и амплитуде угловых колебаний  $\alpha$  от 0 до 0,209 рад при режиме колебаний

$r = 1$ .

Закономерность изменения высоты подъема тела над импульсным дозатором описывается выражением

$$h(\alpha) = \alpha R \left( 1 - \frac{\alpha}{2r} \right). \quad (4)$$



*1,3,5 – экспериментальные кривые; 2,4,6 – теоретические кривые при длине 0,08; 0,01; 0,12 м*

Рисунок 8 – Изменение шага перемещения семян  $L$  по рабочему органу импульсного дозатора от угловой амплитуды  $\alpha$  при различной длине рабочего органа

В результате проведенного эксперимента и последующего анализа данных лабораторных исследований было установлено, что увеличение угловых колебаний и длины рабочего органа при коэффициенте режима колебаний  $r = 1$  приводит к увеличению высоты подъема транспортируемо-

го тела над поверхностью по линейному закону.

Характер изменения подъема тела над импульсным дозатором представлен графиком на рисунке 8.

### **Выводы**

1. Определены значения основных физико-механических свойств исследованных семян овощных культур, которые влияют на процесс высева импульсным аппаратом.

2. Увеличение длительности импульса приводит к уменьшению уровня семян в бункере по гиперболическому закону, а угловой амплитуды колебаний к увеличению уровня семян в бункере импульсного дозатора.

3. Изменение скорости семян на рабочем органе импульсного дозатора при увеличении длительности импульса и угловой амплитуды колебаний приводит к увеличению скорости перемещения семени по рабочему органу, что дает возможность регулировать норму высева семян.

4. Уменьшение шероховатости и увеличение угловой амплитуды усиливает эффект и приводит к увеличению шага перемещения тела по поверхности рабочего органа вибратора.

5. Изменение высоты подбрасывания семян на рабочем органе, вибрирующем относительно неподвижной оси, при увеличении угловых колебаний и длины рабочего органа приводит к увеличению высоты подъема транспортируемого тела над поверхностью по линейному закону.

### **Conclusions**

1. Values of the basic physicommechanical properties of the investigated seeds of vegetable cultures which influence seeding process by the pulse device are defined.

2. The increase in duration of an impulse leads to reduction of level of seeds in the bunker under the hyperbolic law, and angular amplitude of fluctua-

tions to increase in level of seeds in the bunker pulse дозатора.

3. Change of speed of seeds on working body pulse дозатора at increase in duration of an impulse and angular amplitude of fluctuations leads to increase in speed of moving of a seed on working body that gives the chance to regulate norm of seeding of seeds.

4. Reduction of a roughness and increase in angular amplitude strengthens effect and leads to increase in a step of moving of a body on a surface of working body of the vibrator.

5. Height change подбрасывания seeds on the working body vibrating concerning a motionless axis, at increase in angular fluctuations and lengths of working body leads to increase in height of lifting of a transported body over a surface under the linear law.

#### Библиографический список

1. Баловнев К.А. Оптимизация параметров вибрационного высевяющего аппарата для мелкосеменных овощных культур / К.А. Баловнев // Труды КубГАУ. – Вып. №4(13), 2008.
2. Петунина И.А. Колебание балки с интенсификатором / И.А. Петунина, К.А. Баловнев// Материалы научной конференции факультета механизации «Ресурсосберегающие технологии и установки». – Краснодар: Типография Кубанского ГАУ, 2011, с. 45-47.
3. Петунина И.А. Колебание вибратора дозирующей системы / И.А. Петунина, К.А. Баловнев// Материалы научной конференции факультета механизации «Ресурсосберегающие технологии и установки». – Краснодар: Типография Кубанского ГАУ, 2011, с. 47-50.
4. Петунина И.А., Баловнев К.А. Техника и технологии высева мелкосеменных культур / Монография. – Краснодар: ООО, «ПринтТерра», 2014. – 184 с.

#### References

1. Balovnev K.A. Optimizacija parametrov vibracionnogo vysevajushhego apparata dlja melkosemennyh ovoshhnyh kul'tur / K.A. Balovnev // Trudy KubGAU. – Vyp. №4(13), 2008.
2. Petunina I.A. Kolebanie balki s intensifikatorom / I.A. Petunina, K.A. Balovnev// Materialy nauchnoj konferencii fakul'teta mehanizacii «Resursosberegajushhie tehnologii i ustanovki». – Krasnodar: Tipografija Kubanskogo GAU, 2011, s. 45-47.
3. Petunina I.A. Kolebanie vibratora dozirujushhej sistemy / I.A. Petunina, K.A. Balovnev// Materialy nauchnoj konferencii fakul'teta mehanizacii «Resursosbere-gajushhie tehnologii i ustanovki». – Krasnodar: Tipografija Kubanskogo GAU, 2011, s. 47-50.
4. Petunina I.A., Balovnev K.A. Tehnika i tehnologii vyseva melkosemennyh kul'tur / Monografija. – Krasnodar: ООО, «PrintTerra», 2014. – 184 s.