

## References

1. Aldoshin, N.V. Vybor strategii kachestvennogo vypolneniia mekhanizirovannykh rabot / N.V. Aldoshin, R.N. Didmanidze // Mezhdunarodnyi tekhniko-ekonomicheskii zhurnal. – 2013. – No. 5. – S. 67.
2. Radnaev D.N. Metodologicheskie osnovy razrabotki tekhnologii i tekhnicheskikh sredstv poseva pri vozdelevanii zernovykh kultur v usloviakh Zabaikalia: avtoreferat dis. ... doktora tekhnicheskikh nauk / Vost.-Sib. gos. un-t tekhnologii i upr. – Ulan-Ude, 2013.
3. Shishlov, S.A. Teoreticheskie predposylki povysheniia effektivnosti predposevnoi podgotovki pochvy i poseva soi na osnovanii otsenki sovokupnykh energozatrat / S.A. Shishlov, A.N. Shishlov // Rol agrarnoi nauki v razvitii lesnogo i selskogo khoziaistva Dalnego Vostoka: materialy III natsionalnoi (Vserossiiskoi) nauchno-prakticheskoi konferentsii v 3-kh ch.: Ch. II – Tekhnicheskie i biologicheskie nauki. – Ussuriisk, 2019. – S. 153-160.
4. Shchitov S.V., Kuznetsov E.E. Povyshenie effektivnosti ispolzovaniia mobilnykh energeticheskikh sredstv v tekhnologii vozdelevaniia selskokhoziaistvennykh kultur: monografiia. – Blagoveshchensk: DalGAU, 2017. – 272 s.
5. Bondarenko A.M. Kontsepsiia razvitii sistemy sokhraneniia i vosproizvodstva plodorodiia pochv selskokhoziaistvennykh ugodii Rostovskoi oblasti kak instrument ekonomicheskoi bezopasnosti regiona / A.M. Bondarenko, L.S. Kachanova, S.M. Chelbin, A.N. Golovko // Ekonomika i predprinimatelstvo. – 2021. – No. 10 (135). – S. 366-371.
6. Beliaev, V.I. Perspektivnye agrotekhnologii proizvodstva zerna v Altaiskom krae / V.I. Beliaev, L.V. Sokolova // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2018. – No. 4 (162). – S. 5-12.
7. Kuznetsov, E.E. Optimizatsiia energeticheskikh zatrat transportno-proizvodstvennogo protsesssa / S.V. Shchitov, E.E. Kuznetsov, Z.F. Krivutsa // Dalnevostochnyi agrarnyi vestnik. – 2020. – No. 4 (56). – S.151-155.
8. Aldoshin, N.V. Obespechennost tekhnologii obrabotki pochvy intellektualnymi sredstvami i metodami kontroliia / N.V. Aldoshin, M.A. Mosiakov // Doklady TSKhA. – Vyp. 292 (Ch. 1). – Moskva, 2020. – S. 396-400.
9. Shakhov, V.A. Sovremennye tendentsii razvitii tekhniki APK / V.A. Shakhov, A.S. Rastopchin, P.G. Uchkin, A.N. Kondrashov, O.A. Zhupikov // Sovershenstvovanie inzhenerno-tekhnicheskogo obespecheniia proizvodstvennykh protsessov i tekhnologicheskikh sistem. Materialy natsionalnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Orenburgskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet. – 2023. – S. 71-73.
10. Regulator stsepnogo vesa boronovalnogo agregata / Shchitov S.V., Kuznetsov E.E. // Pat. na poleznuiu model No. 196181 Ros. Federatsiia zaiavitel i patentoobladatel Dalnevostochnyi gos. agr. universitet. zaiavl. 25.09.2019, zaregistrirvana 25.09.2019, opubl. 19.02.2020. Biul. No. 5. 10 s.
11. GOST 26244-84. Obrabotka pochvy predposevnaia. Trebovaniia k kachestvu i metody opredeleniia. – Moskva: Izd-vo standartov, 1984. – 8 s.
12. Kidiaeva, N.P. Ispolzovanie matematicheskikh chislennykh metodov pri obosnovanii vybora modeli zernouborochnoi tekhniki / N.P. Kizhiaeva, O.L. Mitrokhina, S.V. Shchitov, E.E. Kuznetsov // Elektronnyi nauchno-proizvodstvennyi zhurnal «AgroEkoInfo». – 2017. – No. 2 (28). – 0,6 p.l. (0,3 Mb.).
13. Surin, R., Marshanin, E., Shchitov, S., Kuznetsov, E., Krivutsa, Z. (2023). Comparative characteristics of undercarriage systems as criteria for selecting a power tool for risky farming zones. *E3S Web of Conferences*. 431. 01002. DOI: 10.1051/e3sconf/202343101002.



УДК 631.559.2:631.3

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-230-12-88-95

**Ф.А. Киприянов**

**F.A. Kipriyanov**

### ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДПОСЕВНОГО УВЛАЖНЕНИЯ СЕМЯН

### ENGINEERING AND TECHNICAL SOLUTIONS TO IMPROVE EFFECTIVENESS OF PRE-SOWING MOISTENING OF SEEDS

**Ключевые слова:** предпосевное увлажнение, увлажняющая жидкость, дыхательный режим, поверхностная влага, предпосевная обработка, процесс увлажнения, замачивание.

**Keywords:** pre-sowing moistening, moistening liquid, respiratory regime, surface moisture, pre-sowing treatment, moistening process, soaking.

Предпосевная обработка защищает семена от болезней и вредителей, формирует запас питательных веществ, стимулируя рост и повышая урожайность возделываемых культур. Предпосевное увлажнение один из простейших способов подготовить семена с целью их ускоренной адаптации к почвенным условиям и повышению урожайности. Несмотря на довольно положительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур, применение предпосевого увлажнения ограничено. При проведении исследования по влиянию предпосевого увлажнения на всходы сельскохозяйственных культур установлено, что дружность всходов при замачивании в воде и растворе гумата калия увеличивается на 24 и 28% соответственно. В то же время эксперимент показал, что при предпосевном увлажнении наряду с температурой жидкости, в которой происходит замачивание, значительную роль играет обеспечение дыхательного режима, при отсутствии которого происходит угнетение процессов жизнедеятельности семян. Обеспечение дыхательного режима при предпосевном увлажнении возможно 2 способами: 1-й – чередование процесса погружения в увлажняющую жидкость и процесса дыхания; 2-й – распыление увлажняющей жидкости на движущиеся семена. Одной из основных причин, препятствующих механизированному посеву семян после предпосевого увлажнения, является наличие избыточного количества влаги на их поверхности. В ходе эксперимента установлено, что обдув семян теплым воздухом не приносит желаемого результата, требует значительного расхода энергии при существенной длительности процесса. Экспериментальным путем установлено, что эффективным способом удаления влаги с поверхности семян является обеспечение контакта увлажненных семян с влагопоглощающей поверхностью. В результате патентно-поисковых исследований разработаны принципиальные схемы установок для увлажнения семян, с обеспечением дыхательного режима в процессе увлажнения и установки для удаления влаги с поверхности се-

мян после намачивания. Ожидается, что применение разработанных установок позволит расширить возможности по применению предпосевого увлажнения семян.

Pre-sowing treatment protects seeds against diseases and pests, and forms a nutrient reserve stimulating growth and increasing yields of the cultivated crops. Pre-sowing moistening is one of the simplest ways to prepare seeds for boosting their adaptation to soil conditions and increasing the yield. However, in spite of a rather positive influence on crop yield, the application of pre-sowing moistening is limited. The research on pre-sowing moistening influence on seedlings of crops found that seedling vigor by the soaking in water and potassium humate increases by 24% and 28%, respectively. At the same time the experiment has shown that by the pre-sowing moistening along with the temperature of the liquid where soaking happens, ensuring respiratory regime is of a great importance. Otherwise, seed life process oppression occurs. Ensuring the respiratory regime by pre-sowing moistening is possible by two methods. The first one is the rotation of immersing in the moistening liquid and respiratory process, and the second one is spraying the moistening liquid over the moving seeds. One of the main reasons preventing the mechanized sowing of seeds after pre-sowing moistening is the abundant amount of moisture on the seed surface. During the experiment, it is found that warm air blow-off of seeds does not bring the desired result and requires significant energy consumption by substantial process duration. By means of experiments, it is found that the effective way of moisture removal from the seed surface is the contact provision of moistened seeds with the moisture absorbing surface. As the result of the patent search, the principal schemes of units for seed moistening ensuring the respiratory regime during the process of moistening and units for moisture removal from the seed surface after soaking are developed. It is expected that the application of the developed units will allow widening the possibilities for pre-sowing moistening of seeds.

**Киприянов Федор Александрович**, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина», г. Вологда, Российская Федерация, e-mail: kipriyanovfa@bk.ru.

**Kipriyanov Fedor Aleksandrovich**, Cand. Tech. Sci., Assoc. Prof., Vologda State Dairy Farming Academy named after N.V. Vereshchagin, Vologda, Russian Federation, e-mail: kipriyanovfa@bk.ru.

### Введение

Предпосевная обработка семян является одной из важнейших операций в большинстве технологических карт по возделыванию сельскохозяйственных культур. На современном уровне развития технических средств и научных достижений предпосевная обработка включает в себя операции по защите семян от вредителей, обработку стимуляторами роста, создание защитных питательных оболочек. При этом зачастую для большей эффективности и технологичности некоторые операции сочетаются. Предпосевная обработка в конечном итоге направлена на формирование условий, способствующих повышению урожайности. Так, за счет стимуляции жизнедеятельности растений увеличение урожайности может достигать 35-40% [1-3].

Предпосевное увлажнение семян один из простейших способов предпосевной обработки, приме-

няемый для повышения урожайности сельскохозяйственных культур, и адаптации их к климатическим условиям [4-7]. Разновидностей предпосевого увлажнения достаточно много и осуществляться может как в обычной воде, так и с применением стимуляторов роста, оказывающих положительное воздействие [8-11]. Совершенствование технических средств для предпосевной обработки семян, в том числе и для предпосевого увлажнения, позволит повысить эффективность процесса [12, 13].

**Цель** исследования – разработать инженерно-технические решения для повышения эффективности предпосевого увлажнения. **Задачи** исследования включали в себя оценку влияния предпосевого увлажнения на рост сельскохозяйственных культур, выявление особенностей и проблем предпосевого увлажнения, разработку инженерно-технических ре-

шений выявленных проблем предпосевого увлажнения.

### Объекты и методы

Непосредственно эксперимент по предпосевному увлажнению проводился в несколько этапов:

1. Выявление влияния предпосевого увлажнения на дружность всходов сельскохозяйственных культур. Оценка проводилась по количеству проростков более 5 мм, через 36 ч после посева.

2. Влияние увлажнения на зеленую массу всходов проводилось путем постобельного взвешивания всходов на весах с точностью 0,1 г на 10-й день после посева первой контрольной группы.

3. Влияние увлажнения на зеленую массу кукурузы при уборке ее на силос. Оценка проводилась путем взвешивания стеблей кукурузы, срезанных на высоте 15 см. Проверка на достоверность различий полученных результатов осуществлялась по критерию Стьюдента.

На первоначальном этапе предпосевному увлажнению подвергались ячмень сорт Эколог, овес Вятский и гибрид кукурузы Росс 140 СВ. Увлажнение осуществлялось погружением в воду и раствор гумата калия с концентрацией 10 мл/л, как одного из са-

мого простых и доступных стимуляторов роста. Интервал погружного замачивания составлял 6 ч, при максимальной продолжительности увлажнения 36 ч. Для сравнительной оценки эффективности предпосевого увлажнения высевались две контрольные группы семян. Первая высевалась одновременно с началом увлажнения, т.е. за 36 ч до посева увлажненных семян, вторая – одновременно с посевом увлажненных семян. Посев увлажненных семян осуществлялся механизированным способом однорядной ручной сеялкой, со щеточным высевальным механизмом.

### Экспериментальная часть

На первом этапе было установлено, что предпосевное увлажнение положительно влияет на дружность всходов. Замачивание в воде и гумате калия позволило получить в среднем большее количество проростков, чем без предварительного замачивания. Таким образом, можно отметить, что предпосевное увлажнение семян за счет стимуляции появления всходов положительным образом скажется на урожайности сельскохозяйственных культур (табл.).

Таблица

**Влияние предпосевого увлажнения на дружность всходов**

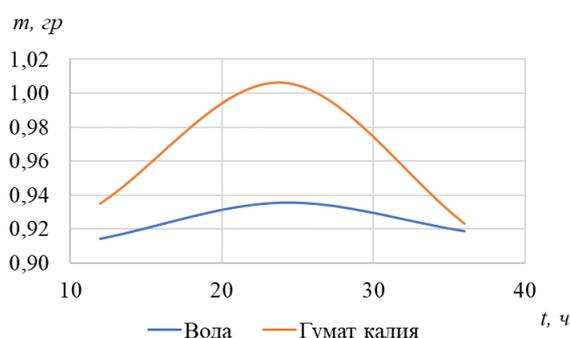
Культура	Контрольные группы, %	Замачивание в воде, %	Замачивание в гумате калия, %
Ячмень	79	90	95
Овес	81	86	86
Кукуруза	57	91	94
Среднее	72	89	92

Для количественной оценки влияния предпосевого увлажнения на всходы был проведен второй этап эксперимента, в котором, согласно поставленной задаче, планировалось оценить массу проросших стеблей.

Однако эксперимент прошел несколько неудачно. Ввиду аномально высокой температуры летом погруженные в воду семена ячменя и овса потеряли свою жизнеспособность. Таким образом, в результате частично неудавшегося эксперимента выявлена необходимость контроля температуры жидкости, в которой происходит замачивание семян. Несмотря на то, что семена овса и ячменя практически погибли, семена кукурузы оказались более устойчивыми к условиям замачивания и дали всходы, пригодные для оценки массы стеблей.

В результате эксперимента установлено, что замачивание семян в гумате калия позволяет получить более массивные всходы, по сравнению с замачиванием в воде. Кроме этого получены очень важные предварительные результаты, говорящие о том, что чрезмерное погружное увлажнение семян угнетает процессы жизнедеятельности, оказывая негативное влияние на массу стеблей (рис. 1). Данное предполо-

жение было подтверждено результатами полевого опыта.



**Рис. 1. Влияние продолжительности замачивания на массу стеблей кукурузы**

Подтверждением того, что причиной снижения массы стеблей при слишком продолжительном замачивании является жизнедеятельность семян послужили наблюдения за процессом увлажнения, а именно, во время замачивания в результате жизнедеятельности семян, погруженных в жидкость, кислород из жидкости поглощается семенами, а в жидкость выделяется углекислый газ, со временем кон-

центрация углекислого газа возрастает, и при длительном замачивании жизненные функции семян начинают угнетаться (рис. 2).



а



б

**Рис. 2. Выделение углекислого газа на поверхности при погружном увлажнении семян:**  
а – кукуруза; б – овес

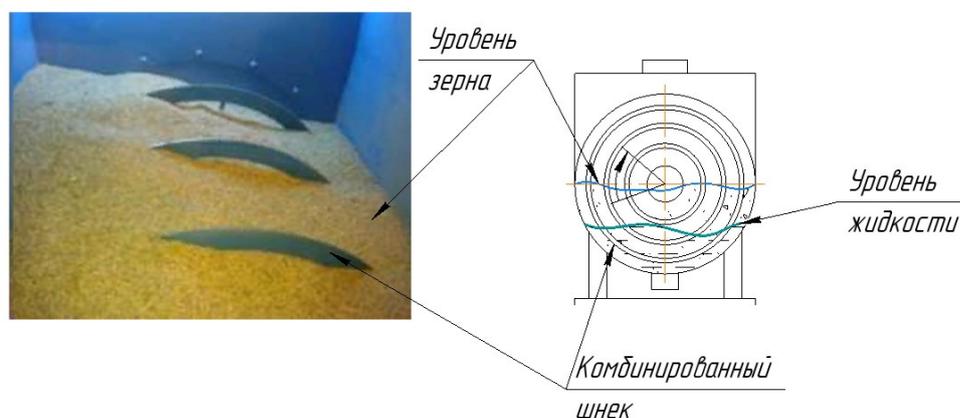
Таким образом, при механизированном увлажнении семян установка для его осуществления должна обеспечивать дыхательный режим в процессе увлажнения. Дыхательный режим семян при предпосевном увлажнении может быть обеспечен двумя способами.

Первый способ обеспечения дыхательного режима заключается в частично погружном увлажнении, когда уровень жидкости ниже уровня семян, и процесс увлажнения семян заключается в чередовании этапов увлажнения и насыщения кислородом, когда семена перемещаются над поверхностью воды. Данная концепция реализована в патенте на изобретение RU 2791173 «Установка для увлажнения семян перед посевом». За основу установки для увлажнения взят комбинированный шнек (рис. 3), применяющийся в смесителе для смешивания сыпучих материалов [14].

Принцип увлажнения в предлагаемой установке следующий: после загрузки семян в бункер емкость заполняется увлажняющей жидкостью, при этом уровень увлажняющей жидкости должен быть ниже уровня семян. Затем происходит перемешивание семян и жидкости. Таким образом, за счет погружения семян в увлажняющую жидкость происходит их влагонасыщение, а за счет перемещения семян выше уровня жидкости обеспечивается их контакт с воздухом для дыхания.

Однако в предлагаемой установке определение оптимального соотношения уровней семян и увлажняющей жидкости потребует продолжительной серии экспериментов. Указанного недостатка лишен второй способ увлажнения семян с обеспечением дыхания семян, заключающийся в распылении увлажняющей жидкости на поверхность семян при постоянном их перемешивании.

Второй способ обеспечения дыхательного режима также реализован в сходной установке (рис. 4) (заявка № 2023113904), имеющей общую конструктивную основу в виде комбинированного шнека 1, отличающейся тем, что увлажняющая жидкость подается на поверхность семян через форсунки 2, расположенные в верхней части бункера 3. Одновременно с подачей увлажняющей жидкости происходит перемешивание семян, тем самым обеспечивается сочетание увлажнения и дыхания семян.



**Рис. 3. Схема частично погружного предпосевого увлажнения семян**

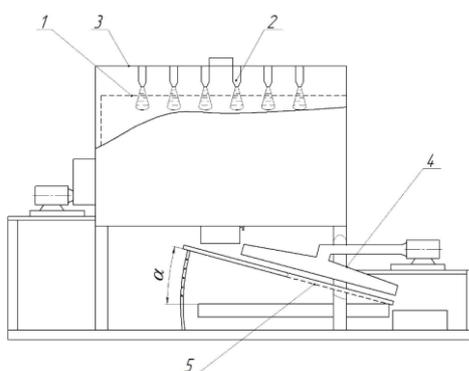


Рис. 4. Установка для предпосевного увлажнения на основе комбинированного шнека

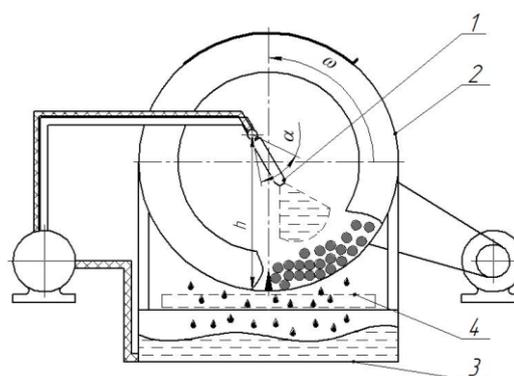


Рис. 5. Установка для предпосевного увлажнения барабанного типа

Одной из основных проблем при механизированном посеве предварительно увлажненных семян является наличие избыточной влаги на их поверхности, затрудняющей процесс дозирования при посеве [15]. Некоторые ученые проблему избыточной поверхностной влажности семян предлагают решить сушкой до воздушно-сухого состояния, с повторением процесса увлажнения и сушки [16]. Ряд других авторов считает, что удаление поверхностной влаги может быть обеспечено за счет обдува семян теплым воздухом [17].

Опираясь на отмеченные исследования, в предлагаемой установке удаление избыточной влажности будет осуществляться воздухом, подаваемым из воздуховода 4, расположенного над наклонной перфорированной поверхностью 5, на которую попадают семена после увлажнения.

С целью повышения эффективности процесса перемешивания семян в процессе увлажнения может быть использована установка для предпосевного увлажнения семян барабанного типа (рис. 5), предлагаемая автором (заявка № 2023121119), обладающая преимуществом перед шнековым перемешивающим механизмом, использованном в предыдущих технических решениях в части отсутствия мертвых зон.

В предлагаемой установке увлажняющая жидкость наносится путем распыления из форсунок 1 на семена, находящиеся в перфорированном вращающемся барабане 2. При этом в зависимости от объема и характеристик обрабатываемого зерна предусмотрено изменение положения форсунок по высоте  $h$  и углу поворота  $\alpha$ . Невпитавшаяся жидкость стекает в поддон 3 для дальнейшей рециркуляции в процессе увлажнения. После увлажнения семена выгружаются в поддон 4 и отправляются на удаление избыточной поверхностной влаги.

Использование данной установки позволит повысить эффективность процесса предпосевного увлажнения за счет обеспечения дыхательного режима семян.

### Результаты исследований и их обсуждение

В результате полевого эксперимента, выполненного в течение летнего периода 2021-2022 гг., отмечается положительное влияние предпосевного увлажнения семян кукурузы на зеленую массу при уборке на силос [18, 19].

Так, в 2021 г. зеленая масса стеблей кукурузы, семена которой замачивались на 12, 24 и 30 ч в растворе гумата калия, была выше зеленой массы контрольной группы, посеянной за 36 ч до посева увлажненных семян, на 14,8; 15 и 12,1% соответственно. По результатам эксперимента 2022 г. средняя масса стеблей кукурузы, подвергавшаяся замачиванию в растворе гумата калия в течение 12 ч, превысила среднюю массу контрольной группы К1 на 17%, а средняя масса стеблей кукурузы, подвергавшаяся замачиванию в течение 18 ч в воде, превысила среднюю массу контрольной группы К1 на 14,8% (рис. 6), где К1 – контрольная группа, высевавшаяся за 36 ч до посева экспериментальных групп; К2 – контрольная группа, высевавшаяся одновременно с посевом экспериментальных групп. При этом полевой эксперимент подтвердил то, что длительное погружное замачивание нецелесообразно. В частности, средняя масса стеблей при замачивании в течение 36 ч в растворе гумата калия оказалась на 149 г меньше массы стеблей, замачивавшихся на 12 ч, а при замачивании в воде снижение массы стеблей относительно максимального значения составило порядка 100 г.

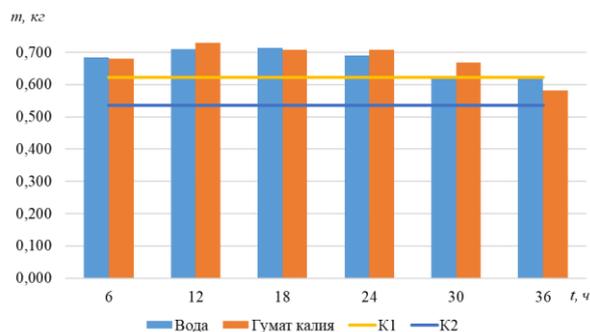


Рис. 6. Влияние продолжительности замачивания семян кукурузы на массу стебля

При подготовке семян к посеву в полевых условиях подтвердилась основная проблема, препятствующая широкому внедрению предпосевного увлажнения, а именно, излишняя влага на поверхности семян, повышающая их слипаемость и затрудняющая механизированный посев. На этапе планирования эксперимента для удаления избыточной влаги с учетом работ, выполненных другими исследователями [16, 17], предполагался обдув теплым воздухом влажных семян. Ввиду относительной незначительности объемов семян в качестве источника теплого воздуха использовался промышленный фен, скорость воздушного потока которого, согласно рекомендации [17], была ниже скорости витания увлажненных семян кукурузы. Влагу удалось снять с поверхности лишь частично, в результате чего от данного способа пришлось отказаться. Кроме этого, причиной для поиска альтернативного способа удаления избыточной поверхностной влаги послужило то, что оба решения, предложенных другими авторами, требуют значительных затрат энергетических и, что является особенно важным в период посевной кампании, временных ресурсов [16, 17].

Эффективным способом удаления избыточной влаги с поверхности семян после намачивания оказался их контакт с влагопопитывающей поверхностью.



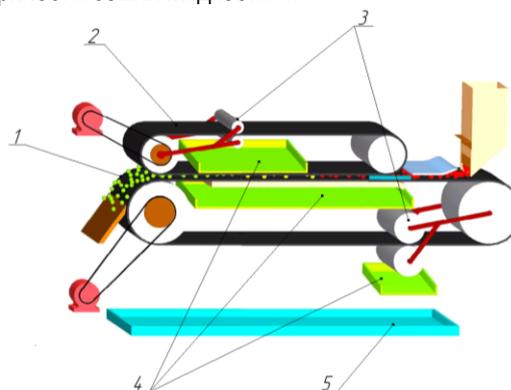
**Рис. 7. Пример удаления поверхностной влаги с семян ячменя за счет контакта с влагопопитывающей поверхностью**

Так, семена после замачивания и слива увлажняющей жидкости выкладывались между двумя влагопопитывающими поверхностями (в условиях эксперимента это бумажные полотенца) и в таком виде транспортировались на поле для посева.

Оказалось, что в результате процессов жизнедеятельности семян влага продолжала семенами поглощаться, и к моменту посева семена были пригодны для посева однорядной ручной сеялкой со щеточным высевальным механизмом.

Для реализации концепции по контактному удалению влаги предложена «Установка для удаления поверхностной влаги с семян после намачивания», защищенная патентом RU 2799265 (рис. 8), состоящая из двух ленточных транспортеров – основного 1

и вспомогательного 2, расположенных один над другим, транспортирующие ленты которых выполнены из влагопопитывающего материала, системы отжимных валиков 3 для удаления влаги из поверхности ленты и системы лотков для сбора удаленной с поверхности семян жидкости 4.



**Рис. 8. Установка для удаления поверхностной влаги с семян**

Работает установка следующим образом: семена подаются на поверхность основного транспортера 1 и после выравнивания слоя поступают между основным 1 и вспомогательным 2 транспортером. За счет разницы скоростей лент транспортеров, помимо поступательного движения, создается вращательное движение семян, что способствует лучшему удалению влаги с поверхности семян. Влага впитывается в ленту транспортеров, из которой отжимается валиком 3 и сливается по системе лотков 4 в поддон 5.

### Заключение

Применение установок для предпосевного увлажнения семян, обеспечивающих дыхательный режим, и установки для удаления поверхностной влаги обеспечит повышение эффективности процесса предпосевного увлажнения.

### Библиографический список

1. Волхонов, М. С. Классификация и определение эффективности известных способов предпосевной обработки семян / М. С. Волхонов, И. А. Мамаева, М. М. Беляков. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-8-7-19. – Текст: непосредственный // Вестник НГИЭИ. – 2022. – № 8(135). – С. 7-19.
2. Нечепуренко, С. Б. Воздействие различных факторов на прорастание семян *Hedysarum theinum* Krasnob (Fabaceae) / С. Б. Нечепуренко, О. В. Дорогина. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2010. – № 10 (72). – С. 46-49.
3. Крючин, Н. П. Разработка технологии предпосевной подготовки семян бобовых трав / Н. П. Крючин, А. М. Петров, О. А. Артамонова. – Текст: непосредственный // Известия Оренбургского государ-

ственного аграрного университета. – 2018. – № 5 (73). – С. 99-102.

4. Краснов, И. Н. Интенсификация насыщения зерна влагой / И. Н. Краснов, Ф. О. Перекрест. – Текст: непосредственный // Вестник аграрной науки Дона. – 2012. – № 1 (17). – С. 4.

5. О совершенствовании технологии подготовки семян зерновых перед посевом в условиях аридизации климата / А. В. Касьяненко, И. Н. Краснов, И. А. Кравченко, Т. Н. Толстоухова. – Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений / Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. – 2017. – № 4-1 (196-1). – С. 70-74.

6. Imran, M., Mahmood, A., Römheld, V., Neumann, G. (2013). Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth. *European Journal of Agronomy*. 49. 141–148. DOI: 10.1016/j.eja.2013.04.001.

7. Blunk, S., Heer, M., Malik, A., et al. (2018). Seed priming enhances early growth and improves area of soil exploration by roots. *Environmental and Experimental Botany*. 158. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2018.11.003.

8. Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., et al. (2015). Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 34 (8), 1281–1293. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>.

9. Киян, Н. Г. Показатели прорастания семян ячменя и их изменчивость в зависимости от предпосевной обработки биологическими препаратами / Н. Г. Киян, С. В. Жаркова. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-223-5-41-46. – Текст: непосредственный // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. – 2023. – № 5 (223). – С. 41-46.

10. Жаркова, С. В. Влияние предпосевной обработки биологическими препаратами семян фасоли обыкновенной на их посевные качества / С. В. Жаркова, А. С. Филиппова. – DOI 10.18619/2072-9146-2023-2-82-90. – Текст: непосредственный // Овощи России. – 2023. – № 2. – С. 82-90.

11. Нечаева, А. В. Влияние применения биологических препаратов на формирование качественных показателей зерна яровой пшеницы / А. В. Нечаева, С. В. Жаркова. – DOI 10.18619/2072-9146-2023-3-93-97. – Текст: непосредственный // Овощи России. – 2023. – № 3. – С. 93-97.

12. Кубеев, Е. И. Технологии и технические средства по предпосевной обработке семян сельскохозяйственных культур / Е. И. Кубеев, В. А. Смелик. – Санкт-Петербург: СПбГАУ, 2011. – 209 с. – Текст: непосредственный.

13. Kubeev E., Smelik V. (2020). Device and Method of Formation of Porous Nutritional Coating on Seeds. *E3S Web Conf.* 210 03006. DOI: 10.1051/e3sconf/202021003006

14. Патент № 2638978 С Российская Федерация, МПК В01F 7/08. Смеситель: № 2016105025: за-

явл. 15.02.2016: опубл. 19.12.2017 / Савиных П. А., Алешкин А. В., Казаков В. А. [и др.]; заявитель Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Зональный научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого».

15. Влияние влажности зернового материала на процесс дозирования / Д. Н. Пирожков, С. А. Сорокин, Н. В. Коняев, Ю. В. Назаренко. – Текст: непосредственный // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. – 2018. – № 9. – С. 209-214. – EDN VQQWМК.

16. Лящева, Л. В. Влияние высушивания намоченных и проросших семян в воде и в регуляторах роста на посевные качества и урожайность моркови / Л. В. Лящева. – Текст: непосредственный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2007. – № 9 (177). – С. 35-40.

17. Совершенствование процессов наружной сушки насыщенных водой семян и нанесения на них влагозащитного покрытия / И. Н. Краснов, А. В. Касьяненко, Ю. И. Аришин [и др.]. – DOI 10.55618/20756704\_2022\_15\_2\_54-62. – Текст: непосредственный // Вестник аграрной науки Дона. – 2022. – Т. 15, № 2(58). – С. 54-62.

18. Киприянов, Ф. А. Влияние прайминга семян на всходы сельскохозяйственных культур / Ф. А. Киприянов, П. А. Савиных, И. А. Устюжанин. – DOI 10.35694/YARCX.2022.57.1.001. – Текст: непосредственный // Вестник АПК Верхневолжья. – 2022. – № 1 (57). – С. 5-10.

19. Киприянов, Ф. А. Выявление особенностей предпосевного увлажнения семян кукурузы / Ф. А. Киприянов, П. А. Савиных. – DOI 10.35694/YARCX.2022.60.4.007. – Текст: непосредственный // Вестник АПК Верхневолжья. – 2022. – № 4(60). – С. 61-67.

## References

1. Volkhonov, M. S. Klassifikatsiia i opredelenie effektivnosti izvestnykh sposobov predposevnoi obrabotki semian / M. S. Volkhonov, I. A. Mamaeva, M. M. Beliaikov // Vestnik NGIEI. – 2022. – No. 8 (135). – S. 7-19. – DOI 10.24412/2227-9407-2022-8-7-19.

2. Nechepurenko, S. B. Vozdeistvie razlichnykh faktorov na prorastanie semian Hedysarum theinum Krasnob (Fabaceae) / S. B. Nechepurenko, O. V. Dorogina // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2010. – No. 10 (72). – S. 46-49.

3. Kriuchin N. P., Petrov A. M., Artamonova O. A. Razrabotka tekhnologii predposevnoi podgotovki semian bobovykh trav // Izvestiia OGAU. – 2018. – No. 5 (73). – S. 99-102.

4. Krasnov, I. N. Intensifikatsiia nasyscheniia zerna vlagoi / I. N. Krasnov, F. O. Perekrast // Vestnik agrarnoi nauki Dona. – 2012. – No. 1 (17). – S. 4.

5. O sovershenstvovanii tekhnologii podgotovki semian zernovykh pered posevom v usloviakh aridizatsii klimata / A. V. Kasianenko, I. N. Krasnov, I. A. Kravchenko, T. N. Tolstoukhova // Izvestiia vysshikh uchebnykh zavedenii. Severo-Kavkazskii region. Seria: Estestvennye nauki. – 2017. – No. 4-1 (196-1). – S. 70-74.

6. Imran, M., Mahmood, A., Römheld, V., Neumann, G. (2013). Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth. *European Journal of Agronomy*. 49. 141–148. DOI: 10.1016/j.eja.2013.04.001.

7. Blunk, S., Heer, M., Malik, A., et al. (2018). Seed priming enhances early growth and improves area of soil exploration by roots. *Environmental and Experimental Botany*. 158. DOI: 10.1016/j.envexpbot.2018.11.003.

8. Paparella, S., Araújo, S. S., Rossi, G., et al. (2015). Seed priming: state of the art and new perspectives. *Plant Cell Reports*, 34 (8), 1281–1293. <https://doi.org/10.1007/s00299-015-1784-y>.

9. Kiian, N. G. Pokazateli prorastaniia semian iachmenia i ikh izmenchivost v zavisimosti ot predposevnoi obrabotki biologicheskimi preparatami / N. G. Kiian, S. V. Zharkova // Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. – 2023. – No. 5 (223). – S. 41-46. – DOI 10.53083/1996-4277-2023-223-5-41-46.

10. Zharkova, S. V. Vliianie predposevnoi obrabotki biologicheskimi preparatami semian fasoli obyknovnoi na ikh posevnye kachestva / S. V. Zharkova, A. S. Filipova // Ovoshchi Rossii. – 2023. – No. 2. – S. 82-90. – DOI 10.18619/2072-9146-2023-2-82-90.

11. Nechaeva, A. V. Vliianie primeneniia biologicheskikh preparatov na formirovanie kachestvennykh pokazatelei zerna iarovoi pshenitsy / A. V. Nechaeva, S. V. Zharkova // Ovoshchi Rossii. – 2023. – No. 3. – S. 93-97. – DOI 10.18619/2072-9146-2023-3-93-97.

12. Kubeev E.I., Smelik V.A. Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva po predposevnoi obrabotke sem-

ian selskokhoziaistvennykh kultur. – Sankt-Peterburg: SPbGAU, 2011. – 209 s.

13. Kubeev E., Smelik V. (2020). Device and Method of Formation of Porous Nutritional Coating on Seeds. *E3S Web Conf.* 210 03006. DOI: 10.1051/e3sconf/202021003006

14. Patent No. 2638978 C Rossiiskaia Federatsiia, MPK B01F 7/08. Smesitel: No. 2016105025: zaiavl. 15.02.2016: opubl. 19.12.2017 / P. A. Savinykh, A. V. Aleshkin, V. A. Kazakov [i dr.]; zaiavitel Federalnoe gosudarstvennoe biudzhethnoe nauchnoe uchrezhdenie "Zonalnyi nauchno-issledovatel'skii institut selskogo khoziaistva Severo-Vostoka imeni N.V. Rudnitskogo".

15. Vliianie vlazhnosti zernovogo materiala na protsess dozirovaniia / D. N. Pirozhkov, S. A. Sorokin, N. V. Koniaev, Iu. V. Nazarenko // Vestnik Kurskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii. – 2018. – No. 9. – S. 209-214. – EDN VQQWMK.

16. Liashcheva, L. V. Vliianie vysushivaniia namochennykh i prorosshikh semian v vode i v regulatorakh rosta na posevnye kachestva i urozhainost morkovi / L. V. Liashcheva // Sibirskii vestnik selskokhoziaistvennoi nauki. – 2007. – No. 9 (177). – S. 35-40.

17. Sovershenstvovanie protsessov naruzhnoi su-shki nasyshchennykh vodoi semian i naneseniia na nikh vlagozashchitnogo pokrytiia / I. N. Krasnov, A. V. Kasianenko, Iu. I. Arishin [i dr.] // Vestnik agrarnoi nauki Dona. – 2022. – T. 15, No. 2 (58). – S. 54-62. – DOI 10.55618/20756704\_2022\_15\_2\_54-62.

18. Kipriianov, F. A. Vliianie praiminga semian na vskhody selskokhoziaistvennykh kultur / F. A. Kipriianov, P. A. Savinykh, I. A. Ustiuzhanin // Vestnik APK Verkhnevolzhia. – 2022. – No. 1 (57). – S. 5-10. – DOI 10.35694/YARCX.2022.57.1.001.

19. Kipriianov, F. A. Vyivlenie osobennostei predposevnogo uvlazhneniia semian kukuruzy / F. A. Kipriianov, P. A. Savinykh // Vestnik APK Verkhnevolzhia. – 2022. – No. 4 (60). – S. 61-67. – DOI 10.35694/YARCX.2022.60.4.007.



УДК 004.896

DOI: 10.53083/1996-4277-2023-230-12-95-99

С.О. Хомутов, Н.А. Серебряков

S.O. Khomutov, N.A. Serebryakov

## НЕЙРОСЕТЕВОЙ АЛГОРИТМ КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ СЕЛЬХОЗПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

### NEURAL NETWORK ALGORITHM FOR SHORT-TERM FORECASTING OF ELECTRICITY CONSUMPTION OF AGRICULTURAL PRODUCERS

**Ключевые слова:** прогнозирование потребления электроэнергии, суточный график электрической нагрузки, нейросетевой алгоритм, временной ряд, гарантирующий поставщик электроэнергии, оптовый рынок электроэнергии и мощности, факторы, обучающая выборка, рынок на сутки вперед, случайные воздействия.

**Keywords:** forecasting of electricity consumption, daily electrical load schedule, neural network algorithm, time series, guaranteeing electricity supplier, wholesale electricity and capacity market, factors, training sample, day-ahead market, random influences.