

process parameters on the kinetics of electric extraction of target components from plant materials]. Storage and Processing of Agricultural Raw Materials. 2006. Issue 12. Pp. 27–30.

3. Kazub V.T., Koshkarova A.G. Ispol'zovanie elektrorazryadnoy tekhnologii dlya izvlecheniya biologicheskikh aktivnykh komponentov [Use of discharge technology to extract biologically active components] // Ways of scientific and education development in modern conditions: Proceedings of the International Symposium. Sochi, 2013. Pp. 202–206.

4. Kazub V.T., Solovyova Ye.V. Kinetika protsessov ekstragirovaniya polisakharidov pod vozdeystviem elektricheskikh razryadov [Kinetics of extraction of polysaccharides under the influence of electrical discharges] // Proceedings of XV International Scientific Practical Conference. "Social-and-economic development of Russian regions in terms of modernization" 24–26 September 2011. Belek (Turkey). Pyatigorsk, 2011. Pp. 213–220.

5. Kazub V.T. Kinetika i osnovy apparaturnogo oformleniya protsessov elektrorazryadnoy ekstragirovaniya biologicheskikh aktivnykh soedineniy [Kinetics and basics of implementation of electric extraction of biologically active compounds]: Self-review of DSC (Eng) thesis. Tambov: TSTU, 2002. 32 p.

6. Kazub V.T. Intensifikatsiya protsessov ekstragirovaniya impul'snym elektricheskim polem vysokoy napryazhennosti [Intensification of extracting processes with a high intensity pulsed electric field] / V.T. Ka-

zub, A.G. Koshkarova // TSTU Vestnik. 2014. Vol. 20. Issue 3. Pp. 496–501.

7. Sposob ekstragirovaniya biologicheskikh aktivnykh soedineniy iz rastitel'nogo syr'ya [The method of extraction of bioactive compounds from plant materials]: Patent № 2200022 RF. ICI A61K35/78 // V.T. Kazub, N.V. Krivorotov, Yu.N. Kudimov, E.V. Golov; Applied on 19.07.99. Published in IB Issue 7 in 2003.

8. Gubkin A.N. Fizika dielektrikov [Physics of dielectrics]. Moscow. Vysshaya shkola. 1971. 272 p.

9. Kazub V.T., Koshkarova A.G. Modelirovanie gidrodinamicheskikh potokov metodom elektrogidrodinamicheskoy analogii [Modelling of hydrodynamic flows by an electrohydrodynamic analogy method] // Mathematical physics and its applications: Proceedings of International Youth Scientific Conference. 28–30 June, 2012. Pyatigorsk. 2012. Pp. 152–155.

10. Kazub V.T. Opredelenie skorosti prodvizheniya ekstragenta v rastitel'nyy material pri ego nabukhanii [Determination of the feed-up rate of swollen extracting plant material] / V.T. Kazub, A.G. Koshkarova // TSTU Vestnik. 2014. Vol. 20. Issue 4. Pp. 773–779.

11. Kazub V.T., Orobinskaya V.N., Kononov D.A. The influence of biologically active substances of non-traditional plants on the biochemical processes in human body. The Second International Conference on Eurasian scientific development, Austria, Vena. 26<sup>th</sup> May. 2014. P. 77–83.

*Received on April 20, 2016*

УДК 631.354.2

**АЛДОШИН НИКОЛАЙ ВАСИЛЬЕВИЧ**, докт. техн. наук<sup>1</sup>

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

**ЗОЛОТОВ АЛЕКСАНДР АНИСИМОВИЧ**, канд. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

E-mail: zolotov46@mail.ru

**АЛАДЬЕВ НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ**, инженер<sup>1</sup>

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

**ЛЫЛИН НИКОЛАЙ АЛЕКСЕЕВИЧ**, инженер<sup>1</sup>

E-mail: lylin2015@yandex.ru

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОВРЕЖДАЕМОСТИ И ВСХОЖЕСТИ БЕЛОГО ЛЮПИНА В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Раскрыли проблему производства растительного белка путем расширения производства белого люпина. Рассмотрели лабораторные методы определения макро и микроповреждений зерна белого люпина. Представили лабораторную установку, имитирующую молотильное устройство и позволяющую оценить зависимость повреждаемости зерна от скорости молотильного барабана. Показали, что с увеличением ско-

рости соударения наблюдается возрастание количества поврежденных семян во всем диапазоне изменения влажности. Так, для семян с влажностью 10 процентов при скорости удара, равной 7,8 м/с, повреждение составило 12 процентов, а при 18,3 м/с – уже более 60 процентов. В то же время при влажности 33 процента при тех же скоростях повреждение семян увеличилось всего до 5 процентов. Снижение влажности с 33 до 10 процентов ведет к 10...12-кратному увеличению повреждений зерна люпина во всем диапазоне исследуемых скоростей. Определили всхожесть белого люпина при различной влажности зерна от 9,5 до 33,0 процентов и частоте вращения била лабораторной установки от 300 до 800 1/мин. Показали, что с увеличением частоты вращения ротора установки с 300 до 800 1/мин наибольшее снижение всхожести наблюдается у зерна люпина с влажностью 9,5 процентов с 85 процентов до 20...30 процентов, т.е. практически в 3 раза. Во всех других случаях при влажности 12, 15,5 и 33 процентов в этом же диапазоне увеличения скорости снижение всхожести не превышало 20...30 процентов.

**Ключевые слова:** зерно, белый люпин, повреждаемость зерна, всхожесть, энергия прорастания, растительный белок.

**Введение.** Во многих странах мира, в том числе и в России, очень остро стоит проблема производства растительного белка, которая может быть решена за счет выращивания и расширения производства белого люпина. Содержание растительного белка менее 105...115 г в 1 корм. ед. ведет к тому, что корм получается не сбалансированным по протеину аминокислотам. В результате снижается продуктивность животных, отмечается перерасход кормов, растёт их себестоимость.

Белый люпин имеет наибольший производственный потенциал среди возделываемых кормовых видов люпина – 4...5 т/га. В семенах содержится 35...40% белка и 10...12% жира. Себестоимость выращивания люпина составляет 3...4 тыс. руб/т при цене сои на отечественном и мировом рынках 14...17 тыс. руб/т. В отличие от сои семена люпина не содержат ингибиторов трипсина, поэтому их можно использовать в корм без термической обработки [1–3].

Белый люпин выращивается без внесения минеральных удобрений, может использовать труднорастворимые фосфаты, благодаря симбиотической азотфиксации использует до 300 кг азота атмосферы.

Для большинства сельскохозяйственных культур белый люпин – лучший предшественник.

**Цель исследования** – в лабораторных условиях оценить влияние интенсивности воздействия рабочих органов зерноуборочных комбайнов на степень повреждаемости и всхожесть зерна белого люпина.

**Методика исследований.** Реализация производственного потенциала возможна только при наличии качественного семенного материала. Важный момент в технологии производства семян люпина белого – обеспечение их высоких посевных качеств за счет снижения их повреждений в процессах уборки и последующих операций по подготовке к посеву. Имеющиеся в литературе данные о травмировании люпина при уборке говорят о том, что количество травмированных семян и характер травм (дробление) сильно зависят от режима обмолота и от влажности убираемых семян.

В процессе уборки и послеуборочной обработки рабочие органы машин в той или иной мере повреждают зерно или семена, снижая их товарные, технологические (продовольственные), посевные,

продуктивные качества. Зерна с явными механическими повреждениями (битые, раздавленные, обрушенные), раздутые при сушке, поврежденные самоогревом, являясь зерновой примесью, снижают товарность партии [4–6].

Нарушение целостности зерна (семян) приводит к увеличению интенсивности дыхания, ускоренному развитию микроорганизмов, снижению стойкости и сроков безопасного хранения. Наличие в исходном зерновом материале повреждений увеличивает их количество при каждом последующем пропуске через машины, что снижает выход первой сортовой товарной продукции.

Непосредственные повреждения зародыша и повышенная степень поражения поврежденных семян бактериями, грибковыми организмами и клещами снижают полевую всхожесть семян, замедляют рост и уменьшают продуктивность растений.

Все повреждения зерна делят на две большие группы: макроповреждения и микроповреждения. К макроповреждениям относят дробление, раздавливание, обрушивание, т.е. такие повреждения, которые изменяют физико-механические свойства семян (размеры, удельный вес, состояние поверхности, парусность). Большинство макроповрежденных зерен можно выделить на очистительных и сортировальных машинах.

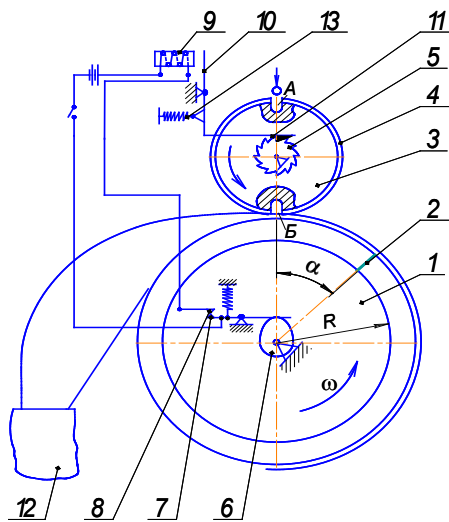
Микроповреждения (царапины, трещины, выбоины, повреждения оболочки и т.п.) практически не изменяют физико-механических свойств зерна, но оказывают отрицательное воздействие на его посевные и продовольственные качества. Зерно (семена) с микроповреждениями практически невозможно отделить от неповрежденного даже на самом совершенном оборудовании [7, 8].

Наибольшему повреждению зерна люпина подвергаются при уборке зерноуборочным комбайном в молотильно-сепарирующем устройстве. Чтобы уменьшить повреждение зерен это устройство настраивают на так называемый «мягкий» режим работы [9, 10]. Однако в полевых условиях оценить влияние скорости рабочих органов на повреждения зерна люпина из-за множества факторов, влияющих на травмирование и недостатка времени, не представлялось возможным. Поэтому в лаборатории кафедры сельскохозяйственных машин Института механики и энергетики РГАУ-МСХА имени

К.А. Тимирязева проведены лабораторные исследования по изучению влияния скорости рабочих органов и исходной влажности на повреждение семян белого люпина сорта «Дега» выращенного в учхозе им. Калинина Мичуринского р-она Тамбовской обл.

Для устранения влияния возможного повреждения предшествующими рабочими органами семян для исследований были получены вручную из бобов урожая 2014 г. Исследования проведены на экспериментальной установке, имитирующей воздействие бичей молотильного аппарата на свободно летящее зерно [11–13].

Экспериментальная установка (рис. 1) включает в себя раму, электродвигатель постоянного тока, дисковый ротор с двумя плоскими билами, подаватель семян, систему синхронизации движения била ротора и подающего диска питающего аппарата, сборник зерна, реостат, тахометр.



**Рис. 1. Схема лабораторной установки:**

- 1 – ротор; 2 – било; 3 – диск подавателя;
- 4 – корпус подавателя; 5 – храповое колесо;
- 6 – кулачок; 7, 8 – контакты; 9 – электромагнит;
- 10 – рычаг; 11 – собачка; 12 – сборник зерна;
- 13 – пружина

Частоту вращения ротора можно изменять реостатом практически от нуля до 1000 мин<sup>-1</sup>, что соответствует окружной скорости била от нуля до 26,2 м/с.

Подаватель семян, установленный над ротором, состоит из подвижного диска 3 с двадцатью ячейками для семян на наружной поверхности, корпуса 4 с загрузочным А и выбросным Б окнами, храпового электромагнитного привода 5 подвижного диска, кулачкового прерывателя 6 цепи питания электромагнита.

Установка работает следующим образом: вращающийся с заданной частотой вал ротора в строго определенный момент (по углу поворота) размыкает кулачком 6 контакты 7 и 8 цепи питания электромагнита подавателя семян.

После обесточивания электромагнита пружина 13 поворачивает двуплечий рычаг 10 против хода часовой стрелки, который в свою очередь через собачку 11 и храповое колесо 5 поворачивает диск 3 подавателя на один шаг (один зуб храпового колеса). Дальнейший поворот кулачка вала ротора приводит к замыканию контактов 7 и 8, электромагнит 9 поворачивает двуплечий рычаг по часовой стрелке, отводя собачку назад к следующему зубу храпового колеса и растягивая пружину, т.е. готовит привод к новому рабочему ходу при следующем замыкании контактов.

Момент размыкания контактов задается установкой кулачка по отношению к билу со смещением вперед по ходу вращения ротора на угол  $\alpha$ , величина которого определяется по формуле:

$$\alpha = 6n\sqrt{2hg}, \text{ град.},$$

где  $n$  – частота вращения ротора, мин<sup>-1</sup>;  $h$  – высота падения семян из отверстия Б корпуса до траектории движения била (средней его точки), м;  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$ .

**Результаты исследований.** Зерна люпина закладывали в ячейки диска подавателя через верхнее отверстие А. При храповом колесе с 100 зубьями за каждые 5 оборотов ротора под удар било подается одно зерно. Било ударяет по падающему зерну и отбрасывает его в сборник 12, внутренние стенки которого покрыты резиной и на выходное окно которого надевают полотняный мешочек. Результаты экспериментов представлены на рисунке 2.

Из графиков, представленных на рисунке 2, следует, что с увеличением скорости соударения наблюдается возрастание количества поврежденных семян во всем диапазоне изменения влажности. Так, для семян с влажностью 10% при скорости удара, равной 7,8 м/с, повреждение составило 12%, а при 18,3 м/с – уже более 60%. В то же время при влажности 33% при тех же скоростях повреждение семян увеличилось всего до 5%. Снижение влажности с 33 до 10% ведет к 10...12-кратному увеличению повреждений зерна люпина во всем диапазоне исследуемых скоростей.

Наиболее часто уборка люпина происходит в диапазоне влажности от 16 до 19% (т.е. рост влажности – в 1,2 раза) и способствует снижению повреждений зерна примерно в 1,4 раза. Из этого следует, что уборку семенных посевов люпина желательно проводить в более влажное время суток, утром или вечером, однако при этом возрастут затраты на послеуборочную обработку (сушку зерна). В то время товарное зерно можно убирать в более сухое время суток.

С уменьшением влажности до определенного предела дробление зерна нарастает медленно, а затем резко возрастает. Этот предел, очевидно, будет определять ту минимальную влажность, при которой следует обмолачивать. С увеличением влажности зерна порог дробления изменяется и смещается в сторону больших скоростей. Смещение порога дробления в сторону больших скоростей и сниже-

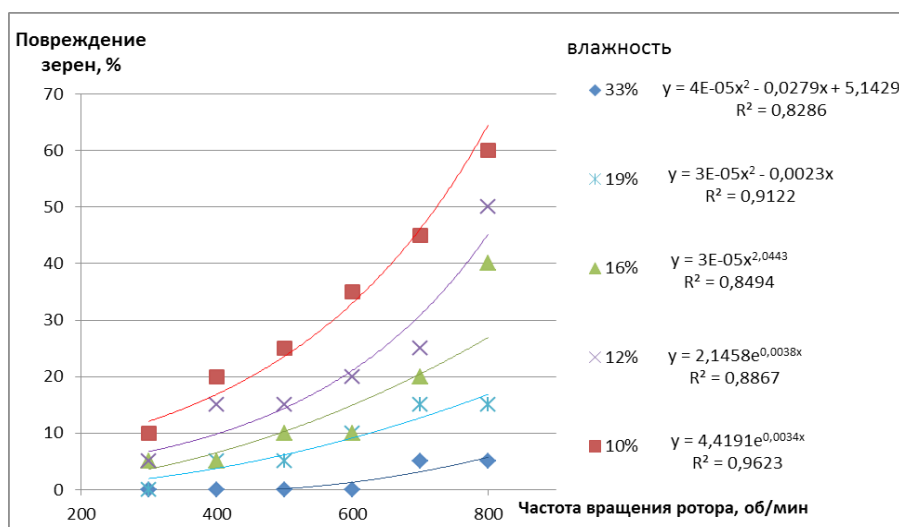


Рис. 2. Зависимость повреждения зерна белого люпина от скорости взаимодействия с билем лабораторной установки при различной влажности

ние механического повреждения при увеличении влажности можно объяснить следующим образом. Упруго-хрупкое состояние зерна характеризуется большим модулем упругости и малыми предразрушающими деформациями.

Зерно в таком состоянии менее устойчиво к динамическим нагрузкам, чем зерно большей влажности (пластичное), потому что с увеличением модуля упругости максимальная сила удара увеличивается. Благодаря малым предразрушающим деформациям величина площади контакта уменьшается, и одновременно с этим увеличивается удельное контактное давление. С ростом удельного давления увеличивается напряжение в зоне контакта, величина которого и определяет степень повреждаемости зерна. Увеличение пластических свойств зерна ведет к росту площади контакта, а значит, и к уменьшению напряженности материала в зоне контакта. Поэтому те нагрузки, которые являются критическими для сухого зерна, не всегда могут вызвать повреждение влажного зерна.

Количество микроповрежденного зерна при испытаниях зерноуборочных комбайнов определяли прямым органолептическим методом. Каждое зерно осматривают через лупу 10-кратного увеличения с целью выявления всех микроповреждений (выбит зародыш, поврежден зародыш, повреждена оболочка зародыша, поврежден эндосперм). Для определения даже незначительных повреждений зерна люпина его помещали в раствор йода. Поврежденные места зерна имели ярко выраженные участки другого цвета. Общее число зерен с микроповреждениями в каждой пробе является, естественно, и количеством микроповрежденного зерна в процентах.

Косвенный биологический метод определения микроповреждений остается незаменимым при выявлении скрытых травм, влияющих на посевные и продуктивные качества семян. Оценочными пока-

зателями качества семян являются всхожесть, энергия прорастания, урожайность. Понятно, что вред травмирования не ограничивается всхожестью семян, ибо те растения, которые проросли из травмированных семян, часто выпадают в процессе вегетации, отстают в росте и гораздо более подвержены болезням и поражениям вредителей.

Под всхожестью семян понимают количество нормально проросших семян в пробе, взятой для анализа, выраженное в процентах. Всхожесть семян определяли проращиванием их при оптимальных условиях. Одновременно со всхожестью определяют энергию прорастания. Под энергией прорастания, характеризующей дружность прорастания семян, понимают количество нормально проросших семян за определенный срок, выраженный в процентах. Известно, что семена с хорошей всхожестью и высокой энергией прорастания при нормальной агротехнике всегда дают дружные и полноценные всходы.

Для определения всхожести из семян белого люпина, выделенных для анализа на чистоту, отсчитывают подряд четыре пробы по 20 семян. Проращивают семена в растильнях (рис. 3). Для проращивания семян в качестве подстилки (ложа) применяли кварцевый песок. Кварцевый песок предварительно промывали, удаляли частицы глины, прокаливали и просеивали через сито с отверстиями 1,0 мм. Для увлажнения песка использовали воду комнатной температуры. Песок увлажняли до 80% от полной влагоемкости. Чтобы подстилка не высыхала, на дно под растильню помещали противень с водой. Воду периодически меняли. Семена при проращивании размещали вручную равномерно на расстоянии не менее 0,5...1,5 см друг от друга, в зависимости от их крупности.

При проращивании семена заделывают вровень с песком (рис. 3а). После раскладки семян каждой



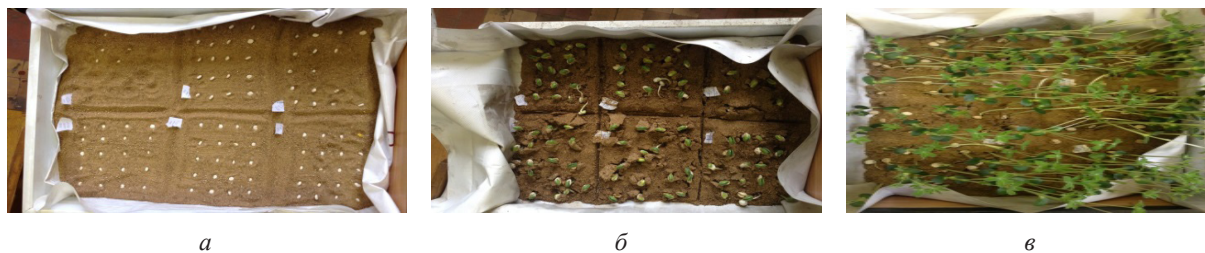


Рис. 3. Общий вид растительны с заложенными семенами белого люпина влажностью 15,5% для определения всхожести: а – 22.04.2015 г.; б – 30.04.2015 г.; в – 12.05.2015 г.

пробы на подстилку клали этикетку и указывали номер образца, номер пробы и дату учета энергии прорастания и всхожести. В установленные сроки подсчитывали проросшие семена. К всхожим семенам белого люпина отнесли семена, имеющие росток не менее половины длины семени. К не-всхожим отнесли семена, ненормально проросшие; с уродливыми ростками набухшие семена, которые к моменту окончательного подсчета всхожести не проросли, но имеют здоровый вид и не раздавли-

ваются пинцетом; твердые семена, которые к установленному сроку определения всхожести остались ненабухшими и не изменили внешний вид.

При подсчете всхожести отдельно учитывают нормально проросшие, набухшие, твердые, загнившие и ненормально проросшие семена. Процент всхожести семян вычисляют как среднее арифметическое четырех проб с учетом допускаемых отклонений по стандарту. Оценка всхожести зерна белого люпина представлена на рисунке 4.

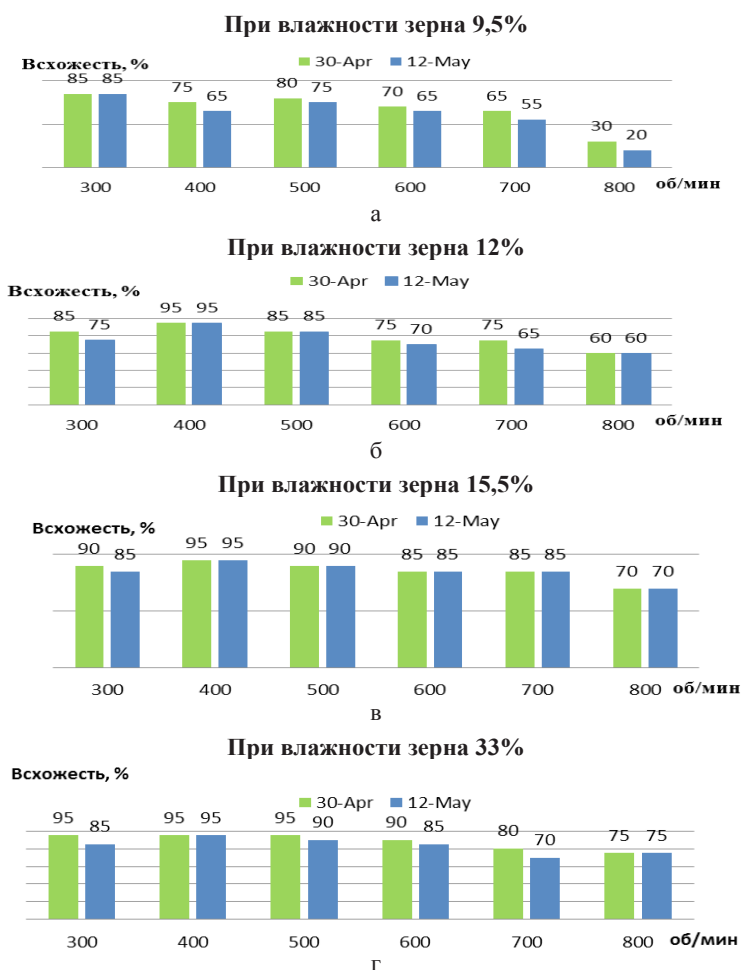


Рис. 4. Зависимость всхожести семян белого люпина в зависимости от оборотов ротора экспериментальной установки при различной влажности зерна

Как следует из приведенных графиков (рис. 4) с увеличением частоты вращения ротора установки с 300 до 800 мин<sup>-1</sup> наибольшее снижение всхожести наблюдается у зерна люпина с влажностью 9,5% с 85% до 20...30%, т.е. практически в 3 раза. Во всех других случаях при влажности 12, 15,5 и 33% в этом же диапазоне увеличения скорости снижение всхожести не превышало 20...30%.

### Выводы

1. Для семян с влажностью 10% при скорости удара, равной 7,8 м/с, повреждение составило 12%, а при 18,3 м/с – уже более 60%. При влажности 33% при тех же скоростях повреждение семян увеличилось всего до 5%.

2. Снижение влажности с 33 до 10% ведет к 10...12-кратному увеличению повреждений зерна люпина во всем диапазоне исследуемых скоростей.

3. При изменении частоты вращения ротора установки с 300 до 800 мин<sup>-1</sup> наибольшее снижение всхожести наблюдается у зерна белого люпина с влажностью 9,5% с 85% до 20...30%, т.е. практически в 3 раза. Во всех других случаях при влажности 12,0, 15,5 и 33,0% в этом же диапазоне увеличения скорости снижение всхожести не превышало 20...30%.

### Библиографический список

1. Бердышев В.Е. Влияние типа дек на качество работы аксиально-роторной молотильно-сепарирующей системы / В.Е. Бердышев, С.Г. Ломакин, А.В. Шевцов // Вестник ФГБОУ ВПО «МГАУ имени В.П. Горячкина». 2015. № 1. С. 20–24.

2. Алдошин Н.В. Влияние травмируемости зерна белого люпина на его всхожесть / Н.В. Алдошин, Н.А. Аладьев // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2016. С. 292–299.

3. Алдошин Н.В. Оценка повреждений зерна белого люпина при уборке урожая / Н.В. Алдошин, А.А. Золотов, А.С. Цыгуткин, В.Д. Сулеев, А.Е. Кузнецов, Н.А. Аладьев, Малла Бахаа // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 2. С. 26–29.

4. Тарасенко А.П. Улучшение качества зернового вороха при уборке / А.П. Тарасенко, В.И. Оробинский, И.А. Резниченко, А.М. Гиевский, А.А. Сундеев, В.В. Милованов // Сельскохозяйственные машины и технологии. 2009. № 2 (9). С. 45–47.

5. Алдошин Н.В. Стабильность технологических процессов в растениеводстве / Н.В. Алдошин // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2007. № 3. С. 5–7.

6. Алдошин Н.В. Анализ технологических процессов в растениеводстве / Н.В. Алдошин // Техника в сельском хозяйстве. № 1. 2008. С. 34–36.

7. Алдошин Н.В. Обоснование технологических параметров на уборке белого люпина / Н.В. Алдошин, А.А. Золотов, А.С. Цыгуткин, В.Д. Сулеев, А.Е. Кузнецов, Н.А. Аладьев, Малла Бахаа // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 1. Т. 29. С. 64–66.

8. Алдошин Н.В. Исследование технологических процессов в растениеводстве при помощи стохастических матриц / Н.В. Алдошин // Техника в сельском хозяйстве. № 3. 2007. С. 45–47.

9. Гатаулина Г.Г. Особенности уборки и послеуборочной обработки семян белого люпина / Г.Г. Гатаулина, В.И. Вагин // Белый люпин. 2014. № 2. С. 34–36.

10. Алдошин Н.В. Механизация уборки смешанных посевов зерновых культур / Н.В. Алдошин, А.А. Золотов, А.С. Цыгуткин, Малла Бахаа // Тракторы и сельхозмашины. 2015. № 10. С. 41–45.

11. Алдошин Н.В. Механизация уборки смешанных посевов зерновых культур методом очёса / Н.В. Алдошин // Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: Материалы Международной научно-практической конференции. Воронеж: ФГБОУ ВО «Воронежский ГАУ», 2016. С. 192–198.

12. Алдошин Н.В. Сравнительная оценка комбайнов на уборке белого люпина / Н.В. Алдошин // Сельский механизатор. 2015. № 11. С. 10–13.

13. Aldoshin N. Damage of white lupine grain during harvesting. Technoforum 2015. “New trends in machinery and technologies for biosystems”. Slovakia. Nitra. Slovenska polnohospodarska univerzita v Nitre, 2015. P. 14–18.

Статья поступила 15.03.2016

## LABORATORY STUDY OF DAMAGEABILITY AND GERMINATION OF WHITE LUPINE

*NIKOLAI V. ALDOSHIN, DSc (Eng)<sup>1</sup>*

E-mail: naldoshin@yandex.ru

*ALEKSANDR A. ZOLOTOV, PhD (Eng), Professor<sup>1</sup>*

E-mail: zolotov46@mail.ru

**NIKOLAI A. ALADIEV, engineer<sup>1</sup>**

E-mail: cxm.msau@yandex.ru

**NIKOLAI A. LYLIN, engineer<sup>1</sup>**

E-mail: lylin2015@yandex.ru

<sup>1</sup> Russian State Agrarian University - Moscow Agricultural Academy named after K.A. Timiryazev, Timiryazevskaya str., 49, Moscow, 127550, Russian Federation

The authors have revealed the problem of vegetable protein production by enhancing the production of white lupine, reviewed laboratory methods used to determine macro- and microdamage of white lupine grains, presented a laboratory installation simulating the threshing unit allowing to assess the grain damageability dependence on the threshing drum speed. It has been shown that increasing the impact velocity results in the increase in the number of damaged seeds over the whole humidity change range. So, for seeds with a moisture content of 10 percent at an impact speed of 7.8 m/s, the damage has amounted to 12 percent, and at 18.3 m/s it has exceeded 60 percent. At the same time, at a humidity of 33 percent at the same speeds, the damage of seeds has increased up to 5 percent. The decrease in humidity from 33 to 10 percent leads to a 10 to 12-fold increase in the damage of lupine grain in the whole range of the studied speeds. The authors have determined the germination of white lupine under different grain moisture content from 9.5 to 33.0 percent and the laboratory installation beater speed from 300 to 800 1/min. It has been shown that with increasing the installation rotor speed from 300 to 800 1/min, the highest reduction in germination has been observed in lupine grains with a moisture content of 9.5 percent from 85 percent to 20...30 percent, i.e. almost three times lower. In all other cases, at a humidity of 12, 15.5 and 33 percent in the same range of speed increasing the reduction of germination has not exceeded 20...30 percent.

**Key words:** grain, white lupine, grain damageability, germination, germinating force, germinator.

### References

1. Berdyshev V.E. Vliyanie tipa dek na kachestvo raboty aksial'no-rotornoy molotil'no-separiruyushchey sistemy [The influence of the concave type on the performance quality of axial rotary threshing-and-separating systems] / V.E. Berdyshev, S.G. Lomakin, V.A. Shevtsov // Herald of Federal State Educational Establishment of Higher Professional Education "Moscow State Agroengineering University named after V.P. Goryachkin". 2015. Issue 1. Pp. 20–24.
2. Aldoshin N.V. Vliyanie travmiruemosti zerna belogo lyupina na ego vskhozhest' [The impact of white lupine grain damageability on its germination] / N.V. Aldoshin, N.A. Aladiev // Innovative development trends in technologies and technical means of farm mechanization: Proceedings of the International Scientific-and-Practical Conference. Voronezh: Federal State Budgetary Educational Establishment "Voronezh State Agrarian University", 2016. Pp. 292–299.
3. Aldoshin N.V. Otsenka povrezhdeniy zerna belogo lyupina pri uborke urozhaya [Damage assessment of white lupine grain during harvesting] / N.V. Aldoshin, A.A. Zolotov, A.S. Tsygutkin, V.D. Suleyev, A.Ye. Kuznetsov, N.A. Aladiev, Malla Bahaa // Tractors and Farm Machinery. 2015. Issue 2. Pp. 26–29.
4. Tarasenko A.P. Uluchshenie kachestva zernovogo vorokha pri uborke [Improving the quality of harvested grain heaps] / A.P. Tarasenko, V.I. Orbinsky, A.I. Reznichenko, A.M. Gievskaya, A.A. Sundeyev, V.V. Milovanov // Farm Machinery and Technologies. 2009. Issue 2 (9). Pp. 45–47.
5. Aldoshin N.V. Stabil'nost' tekhnologicheskikh protsessov v rastenievodstve [Stability of technological processes in crop production] / N.V. Aldoshin // Farm Mechanization and Power Supply. 2007. Issue 3. Pp. 5–7.
6. Aldoshin N.V. Analiz tekhnologicheskikh protsessov v rastenievodstve [Analysing technological processes in crop production] / N.V. Aldoshin // Machinery in agriculture. Issue 1. 2008. Pp. 34–36.
7. Aldoshin N.V. Obosnovanie tekhnologicheskikh parametrov na uborke belogo lyupina [Substantiation of technological parameters of white lupine harvesting] / N.V. Aldoshin, A.A. Zolotov, A.S. Tsygutkin, V.D. Suleyev, A.Ye. Kuznetsov, N.A. Aladiev, Malla Bahaa // Achievements of Agricultural Science and Technology. 2015. Issue 1. Vol. 29. Pp. 64–66.
8. Aldoshin N.V. Issledovanie tekhnologicheskikh protsessov v rastenievodstve pri pomoshchi stokhasticheskikh matrits [Studying technological processes in crop production using stochastic matrices] / N.V. Aldoshin // Farm Machinery. Issue 3. 2007. Pp. 45–47.
9. Gataulina G.G. Osobennosti uborki i posleuborochnoy obrabotki semyan belogo lyupina [Characteristics of harvesting and post-harvest treatment of white lupine seeds] / G.G. Gataulina, V.I. Vagin // White lupine. 2014. Issue 2. Pp. 34–36.
10. Aldoshin N.V. Mekhanizatsiya uborki smeshannykh posevov zernovykh kul'tur [Mechanization of mixed crop harvesting] / N.V. Aldoshin, A.A. Zolotov, A.S. Tsygutkin, Malla Bahaa // Tractors and Farm Machinery. 2015. Issue 10. Pp. 41–45.
11. Aldoshin N.V. Mekhanizatsiya uborki smeshannykh posevov zernovykh kul'tur metodom ochesa [Mechanization of harvesting mixed crops of cereals by stripper header] / N.V. Aldoshin // Innovative development trends of technologies and technical means of

farm mechanization: Proceedings of the International Scientific-and-Practical Conference. Voronezh: Federal State Budgetary Educational Establishment "Voronezh State Agrarian University", 2016. Pp. 192–198.

10. Aldoshin N.V. Sravnitel'naya otsenka kombaynov na uborke belogo lyupina [Comparative assessment of combine harvesters for white lupine har-

vesting] / N.V. Aldoshin // Farm Mechanical Engineer. 2015. Issue 11. Pp. 10–13.

11. Aldoshin N. Damage of white lupine grain during harvesting. Technoforum 2015. "New trends in machinery and technologies for biosystems". Slovakia. Nitra. Slovenska polnohospodarska univerzita v Nitre, 2015. Pp. 14–18.

*Received on March 15, 2016*

УДК 629.017

**ЛОМАКИН СЕРГЕЙ ГЕРАСИМОВИЧ**, канд. техн. наук, профессор<sup>1</sup>

E-mail: irina17-12-69@mail.ru

**ЩИГОЛЕВ СЕРГЕЙ ВИКТОРОВИЧ**, ст. преподаватель<sup>1</sup>

E-mail: sergeysch127@mail.ru

<sup>1</sup> Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

## К ОЦЕНКЕ ПОПЕРЕЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ КОЛЕСНЫХ САМОХОДНЫХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Одним из факторов, влияющих на безопасность работы самоходных сельскохозяйственных машин, является способность сохранять свое устойчивое положение в различных условиях эксплуатации. Эта способность характеризуется углами поперечной и продольной устойчивости. Значительная часть самоходных машин (зерно- и кормоуборочные комбайны, тракторы) не имеет подрессоренных элементов ходовой части, а снижения нагрузки на раму этих машин при движении по неровностям добиваются за счет шарнирной установки на нее моста управляемых колес. При определении углов статической устойчивости машин с шарнирно установленным (качающимся) мостом управляемых колес часто допускается излишнее упрощение расчетной схемы, приводящее к снижению точности анализа. Представили уточненную методику расчета угла поперечной статической устойчивости колесных машин с качающимся мостом управляемых колес. В соответствии с предложенной методикой и методиками, рекомендованными в технической и учебной литературе, определили значения указанного угла для ряда сельскохозяйственных машин. Полученные результаты расчетов по предложенным зависимостям показали их значительное отклонение от значений, полученных при расчете по общепринятым методикам. Сделали выводы о зависимости угла поперечной статической устойчивости машин с качающимся мостом управляемых колес от конструктивных параметров их ходовой части, а также от вертикальной и горизонтальной координат расположения их центра масс.

**Ключевые слова:** колесная машина, зерноуборочный комбайн, трактор, поперечная устойчивость, ось опрокидывания, качающийся мост управляемых колес, центр масс, предельный угол статической устойчивости.

**Введение.** Одним из факторов, влияющих на безопасность работы самоходных сельскохозяйственных машин, является способность сохранять свое устойчивое положение в различных условиях эксплуатации. Эта способность характеризуется углами поперечной и продольной устойчивости.

Значительная часть самоходных машин (зерно- и кормоуборочные комбайны, тракторы) не имеет подрессоренных элементов ходовой части, а сниже-

ния нагрузки на раму этих машин при движении по неровностям добиваются за счет шарнирной установки на нее моста управляемых колес.

При теоретическом анализе как динамической, так и статической поперечной устойчивости самоходных колесных и полугусеничных сельскохозяйственных машин (комбайнов зерноуборочных и кормоуборочных, тракторов) с качающимся мостом управляемых колес в учебниках, учебных пособиях и технической литературе [1–4] допускается из-