

УДК 629.5.017.15.002.71.(06)

## АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ СВОЙСТВ ЗЕРНОВЫХ ГРУЗОВ НА МОРЕХОДНЫЕ КАЧЕСТВА СУДОВ

*Бень А.П., Кошелик Л.А.,*

*Херсонская государственная морская академия*

*В работе произведен анализ влияния физических и биологических свойств зерновых грузов на мореходные качества судов. Предложена концепция создания специализированной автоматизированной системы контроля мореходных качеств судов, перевозящих зерновые.*

*Ключевые слова: морская перевозка зерновых грузов, автоматизированные системы контроля мореходства, контроль мореходных качеств судов.*

**Постановка проблемы и цель исследования.** В настоящее время Украина является одним из мировых лидеров в производстве и экспорте зерновых. Более 90% экспортного потока зерновых из Украины отгружается насыпом морским транспортом через порты Черноморского побережья [1].

Важнейшим условием обеспечения экспорта зерновых является способность морского транспорта обеспечить выполнение условий доставки грузов в соответствии с заключенными контрактами. Для выполнения этой задачи возникает необходимость в повышении качества морских перевозок зерновых грузов и обеспечения надлежащего контроля его сохранности во время рейса.

Особенностью перевозок навалочных грузов в Украине и Черноморском регионе в целом является то, что по ряду причин зерновые перевозятся не только судами большой грузоподъемности, но и малыми, и средними судами грузоподъемностью от 3 до 10 тыс. тонн, неоснащенными автоматизированными системами контроля состояния зернового груза.

Сложившаяся ситуация объясняется, во-первых – технической непригодностью судов для установки таких систем; во-вторых – высокой стоимостью и сложностью в обслуживании систем контроля; в-третьих – нежеланием судовладельцев производить качественный контроль перевозимых грузов. Третий фактор в большинстве случаев является решающим.

Уже существующие системы контроля мореходных качеств морских судов (автоматизированная система «САДКО-МАРИН», комплекс MasterLoad, система фирмы Транзас Марин, бортовой ПК «STABEDIT» [2]) не учитывают в полной мере особенности физических и биологических свойств перевозимых зерновых грузов, а тем более разнообразие их номенклатуры.

Перевозка зерновых грузов связана с определенной степенью опасности, которая может быть вызвана: смещением груза и образованием крена судна; разжижением и перетеканием груза; самонагреванием и самовозгоранием груза; повышенной концентрацией в грузовых помещениях ядовитых или взрывоопасных газов; нарушением прочности корпуса и т.д.

Поэтому для обеспечения сохранности перевозимого зерна и его безопасной перевозки необходимо учитывать влияние свойств зернового груза на судно.

Настоящее исследование преследует цель определить влияние физических и биологических свойств зерновых грузов на мореходные качества судов для дальнейшего использования этих знаний в процессе разработки специализированной автоматизированной системы контроля мореходных качеств судов, перевозящих зерновые.

**Изложение основного материала.** Зерновые грузы, перевозимые морем, имеют широкую номенклатуру (злаковые, бобовые, масличные), но обладают рядом общих для всех зерновых культур физических и биологических свойств. К физическим свойствам зерна относят: сыпучесть; способность к усадке; плотность; скважистость; сорбционные свойства (паро- и газопоглощение, гигроскопичность); теплопроводность и удельная теплоемкость. Биологическими свойствами являются такие свойства зерна как дыхание, прорастание, самосогревание. Физические и биологические свойства зерновых грузов оказывают влияние на мореходные качества судна и его рациональную загрузку.

Плотность  $\gamma$  зернового груза характеризуется коэффициентом уплотняемости  $K$ , который для сухих грузов может быть рассчитан по формуле:

$$K = \frac{\gamma_{\phi}}{\gamma_{СТ}}, \quad (1)$$

где  $\gamma_{\phi}$  – фактическая плотность груза, г/см<sup>3</sup>;  $\gamma_{СТ}$  – стандартная плотность груза, г/см<sup>3</sup>.

При вибрационном уплотнении в массе зернового груза происходит переформирование частиц груза, в результате чего резко уменьшается пористость, следовательно, увеличивается плотность.

Пористость сыпучего груза можно рассматривать как функцию размера его частиц  $d_q$  и ширины грузового помещения  $B$ . Средняя пористость сыпучего груза может быть определена по следующей зависимости [3]:

$$P_{cp} = \frac{1}{3} \sum_{i=1}^3 P_i = \frac{1}{6} \left[ 5 - \frac{\pi}{\sqrt{3}} \left( 1,866 - 0,732 \frac{d_q}{B} \right) \right] \approx 0,22 \left( 1,23 + \frac{d_q}{B} \right). \quad (2)$$

Из формулы (2) можно заключить, что пористость сыпучего груза возрастает с увеличением размера частиц и уменьшением ширины грузового помещения.

Воздействие качки и вибрации приводит к усадке зернового груза. В процентном отношении величина усадки зернового груза во время рейса может составить 5-10%.

Важнейшей транспортной характеристикой зернового груза является влажность, от которой зависит интенсивность прохождения биологических

процессов в зерновой массе, его сорбционные свойства и сыпучесть. Влажность зерна, при которой появляется свободная влага, называется критической и для большинства злаковых культур составляет 14,5-15,5% [5].

Поэтому влажность перевозимого зернового груза не должна превышать 15,5% – рис, рожь, овес, пшеница, кукуруза и 16% – горох, бобы кормовые, крупа [4], а во время рейса важно не допускать его увлажнения. В грузовых помещениях должна поддерживаться равновесная влажность перевозимого зерна, т.е. такое соотношение между влажностью груза и относительной влажностью окружающего воздуха, при котором зерно не отдает и не поглощает влагу (рис. 1).

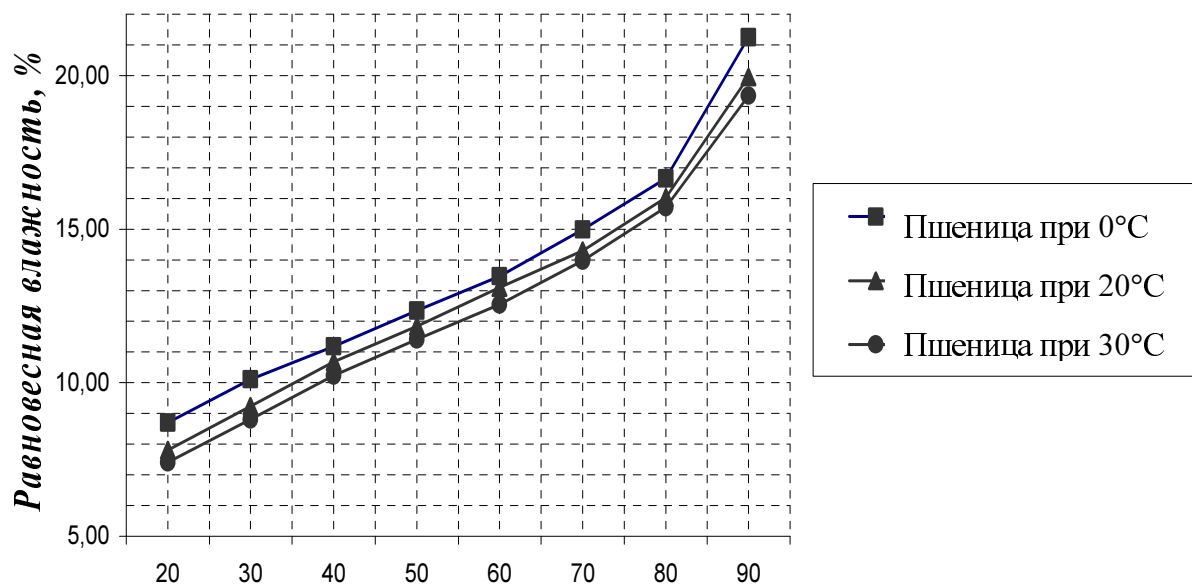


Рисунок 1 – Равновесная влажность пшеницы

Степень увлажнения зернового груза при транспортировке на судне определяется свойствами самого груза и условиями морской перевозки. Увлажнение зернового груза в грузовом помещении может быть вызвано: испарением груза; выпадением конденсата в результате температурных изменений; попаданием влаги извне.

При наличии воды и влаги в зерновом грузе под воздействием вибрации корпуса судна происходят отрицательные изменения его свойств: растекание, разжижение, тестообразное и массообразное пульпирование. Такое состояние «мокрого» зернового груза даже при незначительном волнении моря в 2-4 балла создаёт аварийную ситуацию из-за неоднородного смещения зерна [3]. Кроме того, следствием увлажнения зернового груза является усиление дыхания и активизация жизнедеятельности микроорганизмов, что приводит к увеличению убыли веса груза и снижению его качества. Для снижения активности дыхания зернового груза и замедления жизнедеятельности паразитирующих микроорганизмов относительная влажность воздуха грузовых помещений не должна превышать 50%.

Дыхание зерна зависит от температуры и сопровождается выделением воды и углекислого газа, что приводит к увеличению гигроскопичности зерна и выделению тепла. Зерновой груз имеет низкую теплопроводность, поэтому накопление тепла в зерновой массе при определенных условиях приводит к самонагреванию, снижению сортности, порче, а иногда и к самовозгоранию зерна. С ростом температуры интенсивность дыхания зерна увеличивается. Для пшеницы, ячменя, ржи максимум интенсивности дыхания соответствует температуре 50-60<sup>0</sup>С, при которой происходит угнетение дыхательных ферментов зерна в результате денатурации белков [6]. Принятая оптимальной температура воздуха при перевозке зерна составляет 25<sup>0</sup>С. Поэтому в процессе морской перевозки зерновых культур необходимо следить, чтобы температура воздуха грузовых помещений не отклонялась от оптимального значения, а также производить контроль невозгораемости зернового груза. Таким образом, для сохранности перевозимого зерна необходимо обеспечивать определенный термовлажностный режим с постоянным контролем температуры и влажности зерновой массы.

Скважистость в значительной мере определяет удельный погрузочный объем зернового груза, степень его оседания при транспортировке, а также газопроницаемость и характеризует соотношение объемов, занимаемых непосредственно зерном и межзерновым пространством [5].

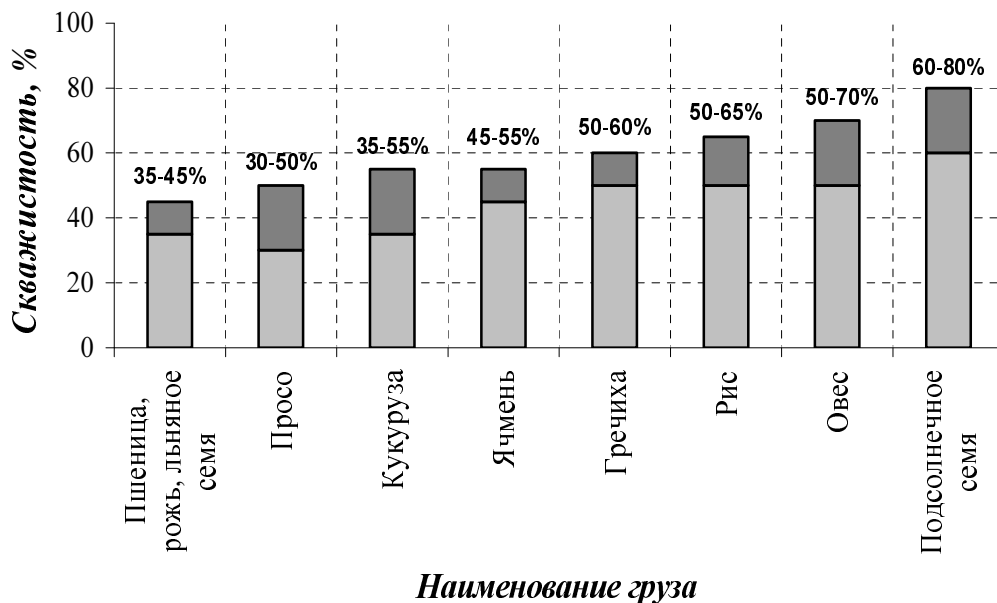


Рисунок 2 – Скважистость основных зерновых грузов

Сыпучесть зерна определяется степенью подвижности частиц зерновой массы и зависит от формы и размеров частиц, влажности, вибрации и качки. Сыпучесть характеризуется углом естественного откоса, представляющим собой угол между боковой поверхностью груза и горизонтальной плоскостью в момент, предшествующий началу осыпания. При крене судна на угол, превышающий величину угла естественного откоса, зерновой груз при наличии свободной поверхности способен перемещаться в сторону крена. Это может вызвать такое смещение центра тяжести, которое приведет к

опрокидыванию судна. При вибрации корпуса судна, изменении влажности груза величина угла естественного откоса может изменяться в опасную сторону [7] и оказывать существенное влияние на остойчивость судна.

Для обеспечения безопасности мореплавания при перевозке зерновых грузов необходимо осуществлять проверку остойчивости судна с учетом возможного перемещения зернового груза и влияния свободных поверхностей запасов воды и топлива в цистернах судна. При расчете остойчивости судов, перевозящих зерновые, должен учитываться угол крена, при котором начинается пересыпание зерна, высота подпалубных пустот и величина усадки зерна вследствие качки и вибрации судна.

Таким образом, в течение рейса на судне, перевозящем зерновые насыпью, для обеспечения сохранности груза и снижения влияния физических и биологических свойств зерна на мореходные качества судна необходимо обеспечивать постоянный контроль параметров зерновой массы и производить анализ основных мореходных характеристик судна. Для облегчения решения этих задач на судах, постоянно перевозящих зерновые грузы насыпом, целесообразна установка специализированных автоматизированных систем, которые могли бы в полном объеме учитывать особенности перевозимого зернового груза и производить качественный и эффективный контроль.

Система должна обеспечивать мониторинг и автоматизированную оценку параметров текущего состояния зернового груза, посадки судна, его начальной и динамической остойчивости, напряжений в корпусе от общего изгиба судна. Конструктивно система должна включать в себя такие составляющие:

- подсистему автоматизированного контроля температуры зерна;
- модуль контроля влажности зерна;
- модуль контроля загазованности грузовых помещений;
- модуль контроля посадки судна;
- подсистему контроля прочности;
- подсистему контроля крена и дифферента судна;
- подсистему контроля уровней жидких и сыпучих грузов;
- подсистему обработки оперативной информации, ее регистрации и документации.

Специализированная автоматизированная система контроля мореходных качеств судов, перевозящих зерновые, должна разрабатываться с учетом возможности ее интегрирования с другими бортовыми автоматизированными системами и обеспечивать передачу всех необходимых данных на центральный пост управления в ходовой рубке судна.

**Выводы.** Ключевыми параметрами, которые необходимо контролировать при перевозке зерновых являются: влажность, температура, загазованность грузовых помещений; продольное и поперечное смещение зерна; посадка, остойчивость и прочность судна в различных состояниях

загрузки. Контроль таких параметров должен осуществляться непрерывно в течение рейса судна, что может быть достигнуто путем использования специализированной системы контроля. Применение такой системы позволит обеспечить мониторинг и контроль состояния груза и мореходных качеств судов, перевозящих зерновые, а также обеспечит безопасность доставки грузов и сохранность их потребительских качеств.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Скворцов Г. Проблемы перевалки зерновых в портах Украины // Порты Украины. – 2011. – № 04 (106).
2. Жуков Ю. Д. Мореходные качества корабля. Часть III. Инструментальные средства изучения и методы контроля мореходных качеств корабля : учебное пособие / Ю. Д. Жуков, Е. К. Клименко, В. П. Шестопад. – Николаев : Изд-во НГГУ им. Петра Могилы, 2007. – 144 с.
3. Кубышкин С. В. Эффективные методы повышения несмещаемости сыпучего груза при морских перевозках // Судовождение : сб. научн. трудов / ОНМА, Вып.12. – Одесса : «ИздатИнформ», 2006. – С. 71-74.
4. Снопков В. И. Технология перевозки грузов морем : учебник для вузов. / В. И. Снопков. – СПб : АНО НПО «Мир и семья», 2001. – 560 с.
5. Белоусов Л. Н. Технология морских перевозок грузов / Л. Н. Белоусов, Я. Г. Корхов. – М. : Транспорт, 1972. – 320 с.
6. Егоров Г. А. Технологические свойства зерна / Г. А. Егоров. – М. : Агропромиздат, 1985. – 334 с.
7. Аксютин Л. Р. Грузовой план судна / Л. Р. Аксютин. – Одесса : ЛАТСТАР, 1999. – 140 с.

**Бень А.П., Кошелюк Л.А. ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗЕРНОВИХ ВАНТАЖІВ НА МОРЕХІДНІ ЯКОСТІ СУДЕН**

*У роботі проведено дослідження впливу фізичних і біологічних властивостей зернових вантажів на морехідні якості суден для їхнього подальшого використання у процесі розробки спеціалізованої автоматизованої системи контролю морехідних якостей суден, що перевозять зернові. Запропоновано структуру автоматизованої системи та перелік її базових функцій.*

*Ключові слова: морське перевезення зернових вантажів, автоматизовані системи контролю морехідності; контроль морехідних якостей суден.*

**Ben A.P., Koshelyk L.A. RESEARCH OF INFLUENCE OF PROPERTIES OF GRAIN-GROWING LOADS ON THE NAVIGATED INTERNALSS OF COURTS**

*This paper is a study of influence of physical and biological properties of grain cargo at the seaworthiness of vessels for their further use in the development of specialized automated control system seaworthiness of vessels carrying grain. Proposed a structure the automated system and a list of its basic functions.*

*Keywords: sea transport of grain cargoes, the automated control system seaworthiness, control seaworthiness of vessels.*