



**Маркавцов Андрей  
Анатольевич**  
*Аспирант  
БелГУТ*

أندريه أناتولييفيتش ماركافتسوف  
طالب دكتوراه جامعة بيلاروسيا  
الحكومية للنقل

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УРОВНЯ ЗАПОЛНЕНИЯ РЕЗЕРВУАРА НА ДИНАМИКУ ЖИДКОГО ГРУЗА В СРЕДЕ ANSYS

دراسة تأثير مستوى امتلاء الخزان على ديناميكيات البضائع السائلة في برنامج الأنسيس

**Аннотация:** в работе выполнен анализ влияния уровня заполнения резервуара на динамику транспортируемого жидкого груза с использованием программного обеспечения для численного моделирования ANSYS. Проведены расчеты при различных уровнях заполнения, в результате которых установлен уровень заполнения резервуара, при котором суммарная кинетическая энергия максимальна. Результаты показывают, что в случае частично заполненной емкости возможны множественные гидроудары жидкости о стенки резервуара, что может привести к возникновению усталостных явлений в материале твердотельного корпуса, а также привести к разрыву гибкой оболочки при перевозке жидких грузов во флекситанках.

**Ключевые слова:** частично заполненный резервуар, динамика жидкости, численное моделирование.

**الخلاصة :** يتناول هذا البحث تحليلاً تأثير مستوى ملء الخزان على ديناميكيات البضائع السائلة المنقوله باستخدام برنامج التمذجة العددية ANSYS. تم إجراء الحسابات على مستويات ملء مختلفة، ونتيجة لذلك تم تحديد مستوى ملء الخزان الذي تكون فيه الطاقة الحركية الإجمالية في أقصى حد لها. وتبين النتائج أنه في حالة الخزان المملوء جزئياً، من الممكن حدوث صدمات هيدروليكية متعددة للسائل على جدران الخزان، مما قد يؤدي إلى حدوث ظاهرة تعب في مادة الجسم الصلب، كما يؤدي أيضاً إلى تمزق الغلاف المرن أثناء نقل البضائع السائلة في الخزانات المرنة.

**كلمات المفتاحية :** خزان مملوء جزئياً، ديناميكا المائع، المحاكاة العددية.

Научный  
руководитель



**Гегедеш Марина Григорьевна**  
*к.т.н., доцент. Декан  
Машиностроительный  
факультет  
ГГТУ им. П.О. Сухого*

د. مارينا جريجوريينا جيجيديش  
عميد كلية الهندسة الميكانيكية بجامعة  
سخوي الحكومية التقنية، أستاذ مشارك.

## Введение

В настоящее время транспортировка жидким грузом на дальние расстояния все чаще осуществляется не в стандартных железнодорожных и автомобильных цистернах большого объема, а в танк-контейнерах и флекситанках, что требует пересмотра подходов к оценке прочности подобных резервуаров ввиду возможности их перевозки любым видом транспорта. Уровень заполнения резервуара существенно влияет на поведение жидкости [1], что, в свою очередь, может иметь критическое влияние для безопасности движения различными видами транспорта.

Целью данной работы является исследование влияния уровня заполнения резервуара на динамические процессы, используя численное моделирование в программном обеспечении ANSYS.

## Результаты и обсуждение

Расчеты производились в модуле CFX среды ANSYS Workbench и включали создание модели резервуара цилиндрической формы (длина 4 м, диаметр 1,5 м) с жесткими стенками, разбиение на конечные элементы, задание граничных условий, компьютерный эксперимент. Рассматривался случай экстренного торможения транспортного средства (с ускорением 4g), имеющего начальную скорость 15 м/с.

В ходе исследования выполнен анализ динамики жидкого груза (воды) при 10%–90% уровнях заполнения резервуара. Для каждого уровня проводился анализ суммарной кинетической энергии жидкости внутри резервуара (рис. 1, а).

## المقدمة

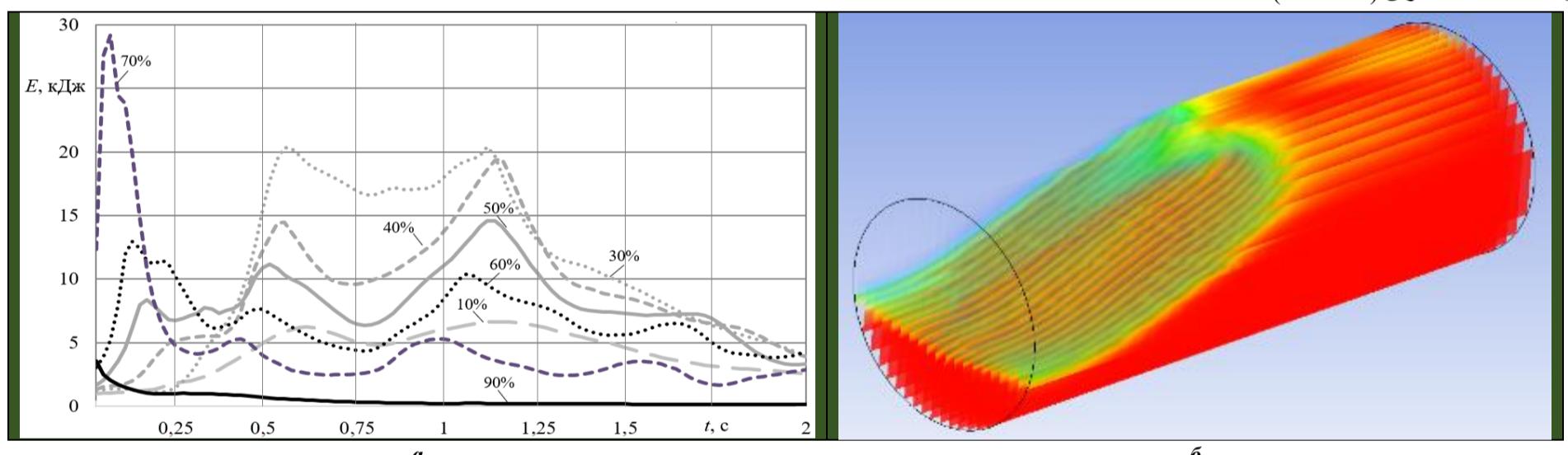
في الوقت الحاضر، يتم نقل البضائع السائلة لمسافات طويلة بشكل متزايد ليس في صهاريج السكك الحديدية والطرق القياسية ذات الحجم الكبير، ولكن في حاويات الخزانات والخزانات المرنة، الأمر الذي يتطلب مراجعة الأساليب المتبعة لتقدير قوة هذه الخزانات بسبب إمكانية نقلها بواسطة أي نوع من وسائل النقل. يؤثر مستوى ملء الخزان بشكل كبير على سلوك السائل [1]، والذي بدوره يمكن أن يكون له تأثير حاسم على سلامة أنواع مختلفة من النقل.

يهدف هذا العمل إلى دراسة تأثير مستوى ملء الخزان على العمليات الديناميكية باستخدام التمذجة العددية في برنامج الأنسيس.

## نتائج و المناقشة

تم إجراء الحسابات في وحدة CFX في بيئة منضدة أنسيس وتضمنت إنشاء نموذج لخزان أسطواني (طوله 4 أمتار، قطره 1.5 متر) بجدران صلبة، وتقسيمه إلى عناصر محددة، وتعيين الشروط الحدودية، وتجربة كمبيوترية. تم دراسة حالة الفرمولة الطارئة لمركبة (بتسارع 4 جي) بسرعة أولية 15 م/ث.

تناولت الدراسة تحليلاً ديناميكياً للسائل (الماء) عند مستويات ملء الخزان بنسبة 10% إلى 90%. بالنسبة لكل مستوى، تم إجراء تحليلاً للطاقة الحرارية الكلية للسائل داخل الخزان (الشكل 1، أ).



**Рис. 1 – Результаты моделирования в программном обеспечении для численного моделирования ANSYS: а – зависимости суммарной кинетической энергии (кДж) от времени (с) при различных уровнях заполнения резервуара; б – положение свободной поверхности жидкого груза при уровне заполнения резервуара 70%**

**الشكل 1 - نتائج التحليلا في برنامج المحاكاة العددية ANSYS: أ- اعتماد الطاقة الكINETIC الكINETIC (كيلوجول) على الوقت (ج) عند مستويات ملء مختلف للخزان؛ بـ - وضع السطح الحراري لمحولاته السائل عند سطوى ملء الخزان بنسبة 70٪.**

Результаты исследования показали, что при 70% заполнении резервуара кинетическая энергия частиц жидкого груза достигает максимальных значений (рис. 1, б), однако суммарная кинетическая энергия за весь рассматриваемый период максимальна при 30%–60% уровнях заполнения транспортного резервуара, что может быть связано с оптимальными условиями для формирования вихрей и ускоренных потоков внутри резервуара [2-3].

## Заключение

Проведенное моделирование показало, что в случае частично заполненных резервуаров, которое возможны при достижении допускаемой грузоподъемности транспортного средства и контейнера, при экстренном торможении транспортного средства возникают множественные удары жидкого груза о стенки емкости, что может оказывать существенное влияние на долговечность и усталостную прочность конструкции, а также привести к разрыву материала флекситанка.

## الخاتمة

وأظهرت النمذجة التي أجريت أنه في حالة الخزانات الممتلئة جزئياً، وهو

أمر ممكن عند الوصول إلى سعة التحميل المسموح بها للمركبة والحاوية، أثناء

الكبح الطارئ للمركبة، تحدث تأثيرات متعددة لحملات السائل على جدران

الخزان، مما قد يكون له تأثير كبير على متانة الهيكل وقوة التعب، ويؤدي أيضًا

إلى تمزق مادة الخزان المرن.

## Литература

1. Shimanovsky, A. O. Dynamics of tank trucks with baffles for transportation of viscous liquids / A.O. Shimanovsky, M. G. Kuzniatsova, V.I. Yakubovich // International journal of mechanical engineering and robotics research. – 2018. – Т. 7. – №. 4. – С. 438–443.
2. Огородников, Л. В. Экспериментальная оценка напряженного состояния несущих конструкций дизель-поезда серии ДРБ1 после длительной эксплуатации / Л. В. Огородников, А. В. Путято // Вестник Гомельского государственного технического университета имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2022. – № 4. – С. 5–14.
3. Путято, А. В. Компьютерное моделирование гидродинамической нагруженности области люка-лаза вагона-цистерны / А. В. Путято // Вестник ГГТУ имени П. О. Сухого: научно-практический журнал. – 2009. – №1. – С.79-86.