



(21)-0424-1

## НАТУРНОЕ ОСВИДЕТЕЛЬСТВОВАНИЕ ВЦР ОБЪЕМОМ $V = 3\ 000\ \text{M}^3$ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ПОДСОЛНЕЧНОГО МАСЛА

С. Н. Мишура<sup>1</sup>, А. Н. Миронов<sup>2</sup>, П. И. Соловей<sup>3</sup>, Р. Р. Копачев<sup>4</sup>, В. А. Авсиевич<sup>5</sup>

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
2, ул. Державина, г. Макеевка, ДНР, 86123.

E-mail: <sup>1</sup>0504712589@mail.ru, <sup>2</sup>pavelsolovej1@gmail.com, <sup>3</sup>andreyexp@mail.ru,

<sup>4</sup>kopa4ov.roma@yandex.ru, <sup>5</sup>wadaawd\_98@mail.ua

Получена 29 апреля 2021; принята 28 мая 2021.

**Аннотация.** В статье рассматривается резервуар для хранения масла «O2», расположенный на территории филиала № 1 Государственной корпорации по разработке и реализации современных технологий «ДОНЕЦКИЕ ТЕХНОЛОГИИ». Был произведен анализ существующих конструкций резервуара «O2», обнаружены повреждения, полученные за время эксплуатации. В конструкции обечайки резервуара для хранения масла «O2» есть участки, в которых наблюдается местная потеря устойчивости в виде вогнутостей во внутрь резервуара (хлопуны). У конструкции днища резервуара для хранения масла «O2» наблюдается кривизна, связанная с неравномерной осадкой резервуара. В данной статье приведен проверочный расчет, направленный на проверку обечайки резервуара на прочность и устойчивость. Для приведения резервуара для хранения масла «O2» в работоспособное состояние был разработан проект капитального ремонта, который включает в себя устройство ветровых колец жесткости, выравнивание днища резервуара, а также ремонт конструкции отмостки.

**Ключевые слова:** цилиндрические резервуары, деформации, комплексные исследования, хлопуны, обечайка, уторный шов.

## НАТУРНИЙ ОГЛЯД ВЦР ОБ'ЄМОМ $V = 3\ 000\ \text{M}^3$ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ СОНЯШНИКОВОЇ ОЛІЇ

С. М. Мішура<sup>1</sup>, А. М. Миронов<sup>2</sup>, П. І. Соловей<sup>3</sup>, Р. Р. Копачов<sup>4</sup>, В. А. Авсієвич<sup>5</sup>

ДОНБАСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ»,  
2, вул. Державіна, м. Макіївка, ДНР, 86123.

E-mail: <sup>1</sup>0504712589@mail.ru, <sup>2</sup>pavelsolovej1@gmail.com, <sup>3</sup>andreyexp@mail.ru,

<sup>4</sup>kopa4ov.roma@yandex.ru, <sup>5</sup>wadaawd\_98@mail.ua

Отримана 29 квітня 2021; прийнята 28 травня 2021.

**Анотация.** У статті розглядається резервуар для зберігання масла «O2», розташований на території філії № 1 Державної корпоратії з розробки та реалізації сучасних технологій «ДОНЕЦЬКІ ТЕХНОЛОГІЇ». Було проведено аналіз існуючих конструкцій резервуара «O2», виявлені пошкодження, отримані за час експлуатації. У конструкції обечайки резервуара для зберігання масла «O2» є ділянки, в яких спостерігається місцева втрата стійкості у вигляді увігнутостей всередину резервуара (хлопуни). У конструкції днища резервуара для зберігання масла «O2» спостерігається кривизна, пов'язана з нерівномірним осіданням резервуара. У даній статті наведено перевірочний розрахунок, спрямований на перевірку обечайки резервуара на міцність і стійкість. Для приведення резервуара для зберігання масла «O2» в працездатний стан був розроблений проект капітального ремонту, який включає в себе пристрій вітрових кілець жорсткості, вирівнювання днища резервуара, а також ремонт конструкції вимощення.

**Ключові слова:** циліндричні резервуари, деформації, комплексні дослідження, хлопуни, обечайка, уторний шов.

## FULL-SCALE SURVEY OF THE V = 3,000 M<sup>3</sup> CR FOR THE STORAGE OF SUNFLOWER OIL

Sergey Mishura<sup>1</sup>, Andrey Mironov<sup>2</sup>, Pavel Solovey<sup>3</sup>, Roman Kopachev<sup>4</sup>,  
Vladislav Avsievich<sup>5</sup>

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,*

*2, Derzhavina Str., Makeyevka, DPR, 86123.*

*E-mail: <sup>1</sup>0504712589@mail.ru, <sup>2</sup>pavelsolovej1@gmail.com, <sup>3</sup>andreyexp@mail.ru,*

*<sup>4</sup>kopa4ov.roma@yandex.ru, <sup>5</sup>wadawd\_98@mail.ua*

*Received 29 April 2021; accepted 28 May 2021.*

**Abstract.** The article discusses the oil storage tank «O2», located on the territory of the branch № 1 of the state corporation for the development and implementation of modern technologies «DONETSK TECHNOLOGIES». An analysis of the existing structures of the «O2» tank was carried out, and damage received during operation was found. In the design of the shell of the tank «O2» there are areas in which there is a local loss of stability in the form of concavities in the interior of the tank (flappers). The bottom structure has a curvature associated with the uneven draft of the tank. This article presents a test calculation aimed at checking the tank shell for strength and stability. In connection with the damage received during the operation of this structure, recommendations were given for the elimination and minimization of certain defects and damage.

**Keywords:** cylindrical tanks, deformations, complex studies, flappers, shell, utorny seam.

### Цель

1. Выполнить комплексные исследования геометрических параметров и деформаций вертикального цилиндрического резервуара объёмом 3 000 м<sup>3</sup> с применением дистанционных геодезических методов и приборов, а также средств неразрушающего контроля;
2. Произвести проверочный расчет стенки резервуара «O2»;
3. Дать рекомендации по усилению стенки резервуара «O2».

### Формулировка проблемы

Для хранения нефти, дизельного топлива бензина, керосина, жидкого аммиака, подсолнечного масла и др. продуктов широко используют металлические цилиндрические резервуары ёмкостью от 100 до 50 000 м<sup>3</sup>, которые являются ответственными сооружениями.

В связи с образованием значительных локальных деформаций в верхней части металлического резервуара для хранения подсолнечного

масла возникла необходимость проведения внеочередных комплексных исследований для выявления причин возникших деформаций и разработки мероприятий по дальнейшей эксплуатации сооружения.

### Анализ последних исследований и публикаций

В последнее время с появлением высокопроизводительных наземных лазерных сканеров стало возможным с 2–3 станций за небольшой промежуток времени определить геометрические параметры и локальные деформации поверхности резервуаров. К сожалению, большая стоимость таких сканеров сдерживает их широкое применение.

В работе вместо производимого технического освидетельствования предложено применять средства неразрушающего контроля на основе явления акустической эмиссии (АЭ), позволяющие производить одновременно тестирование всего корпуса резервуара с фиксацией не только дефектов, но и с указанием места их

локализации. Для такого контроля достаточно разместить небольшое количество датчиков (преобразователей АЭ) равномерно по периметру наружной стенки на высоте 0,5...1 м от днища и на таком же удалении от крыши. Данная технология не позволяет получить геометрические параметры резервуаров, необходимых для анализа причин возникших деформаций.

### Введение

Резервуар для хранения масла «О2» расположен на территории филиала № 1 Государственной корпорации по разработке и реализации современных технологий «ДОНЕЦКИЕ ТЕХНОЛОГИИ». Основной задачей ФИЛИАЛА № 1 является производство гидратационного невыможенного подсолнечного масла, полученного путем прессования-экстракции, для производства продуктов питания, а также производства гранулированного шрота, лузги.

Резервуар предназначен для хранения растительного масла.

Обследование конструкций сооружения проводилось в июле 2020 г. специалистами ГОУ ВПО «ДОННАСА» с целью оценки технического состояния строительных конструкций.

Работа выполнена с применением визуальных, геодезических, а также инструментальных методов контроля [1].

### Основная часть

1. Рассмотрим основные конструктивные элементы резервуара «О2».

**Крышка резервуара.** Крышка резервуара выполнена конической, стальной из отдельных трапециевидных сегментов. Толщина листов крышки составляет  $t = 4\text{ мм}$ . Листы соединены между собой при помощи монтажных сварных швов. Раскладка листов крышки приведена на рис. 2.

Для опирания листов предусмотрены стальные балки, выполненные из прокатного швеллера № 16.

Для избежания создания вакуума во время опорожнения резервуара на крышке резервуара предусмотрен сапун. Диаметр сапуна составляет 270 мм.

**Стенка резервуара.** Стенка резервуара выполнена из двух полотнищ, каждое из которых состоит из 9 поясов (обечаек) длиной до 5 980 мм и шириной до 1 490 мм. Полотнища сварены между собой монтажными вертикальными



Рисунок 1. Общий вид.

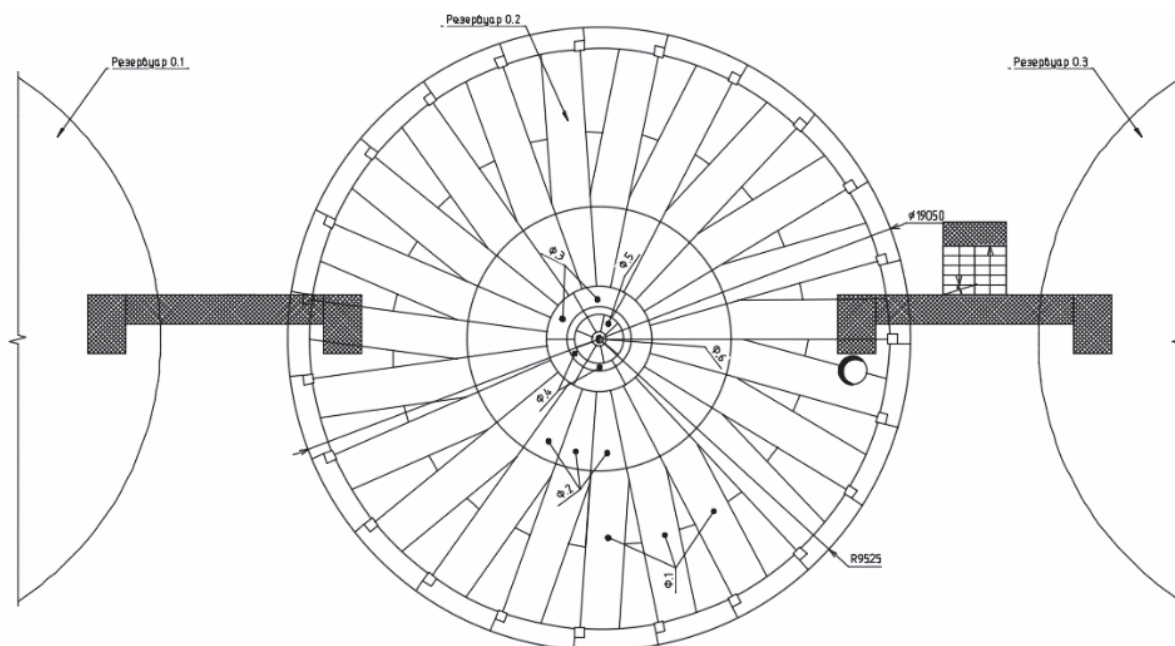


Рисунок 2. Схема расположения листов крыши резервуара.

сварными швами, при помощи ручной дуговой сварки (согласно проекта использовались электроды типа Э42А). Заводские вертикальные и горизонтальные швы полотнищ выполнены встык автоматической дуговой сваркой под флюсом.

Стенка резервуара приварена по низу к окрайку днища двусторонним тавровым уторным швом ручной дуговой сваркой, без дополнительных накладок.

Высота обечаек составляет 1 490 мм (для первых четырех) и 1 245 мм (для остальных). Стенка резервуара выполнена из стали СтЗсп. Наружная поверхность стенки резервуара окрашена.

Для доступа внутрь резервуара предусмотрен круглый люк-лаз, расположенный между первым и вторым рядами поясов. Также для перемешивания хранимого продукта в одной из обечаек первого ряда предусмотрено отверстие для миксера и отверстия под технологические трубы. Все места крепления дополнительного оборудования усилены дополнительной накладкой.

**Днище резервуара.** Днище резервуара выполнено из стальных листов толщиной  $t = 6$  мм. Листы выполнены прямоугольной и трапециевидной формы в плане. Ширина листов составляет (преимущественно) 1 490 мм. Соединение

листов выполнено при помощи сварки монтажными стыками.

**Ограждение кровли.** Для обеспечения безопасности персонала находящегося на кровле резервуара (во время осмотров и обслуживания) предусмотрено сплошное ограждение по периметру кровли. Ограждение выполнено из стальных профилей. В качестве отбойника используется стальной лист, ограждение выполнено из стальных труб, крепление ограждения к резервуару выполнено при помощи стальных равнополочных уголков.

**Фундамент.** В качестве фундамента сооружения выступает сплошная монолитная железобетонная плита.

**Отмостка.** В качестве отмостки в сооружение предусмотрена сплошная монолитная отмостка по периметру.

2. Выполним проверочный расчет стенки резервуара «О2».

2.1. Проверочные расчеты проводились с целью определения параметров напряженно-деформированного состояния стальной стенки резервуара.

2.2. Расчеты выполнялись с учетом действительных размеров и обнаруженных дефектов, уточненных расчетных характеристик материалов конструкций, уточненных значений воздействий и нагрузок [12].

2.3. Расчеты включали:

- Проверка прочности стенки.
- Проверка устойчивости стенки.
- Анализ причин появления участков искривления стенки.

2.4. При расчете стенка резервуара разбивалась на девять поясов в соответствии с раскладкой листов.

2.5. Расчет выполнялся в соответствии с требованиями:

- СТО-СА-03-002-2009. Правила проектирования, изготовления и монтажа вертикальных цилиндрических стальных резервуаров для нефти и нефтепродуктов.
- РД 16.01-60.30.00-КТН-О26-1-04. Нормы проектирования стальных вертикальных резервуаров для хранения нефти объемом 1 000–50 000 м.
- ГОСТ 31385-2016. Резервуары вертикальные цилиндрические стальные для нефти и нефтепродуктов. Общие технические условия.

2.6. Характеристики материалов определялись на основе изучения состояния конструкций в соответствии с рекомендациями.

Материал несущей стальной оболочки стенки резервуара – сталь СтЗсп со следующими характеристиками:

- нормативное сопротивление по пределу текучести:  $R_{yn} = 25,5\text{ кНс/см}^2$ ;
- коэффициент надежности по назначению  $\gamma_n = 1,1$ ;
- коэффициент надежности по материалу  $\gamma_m = 1,025$ ;
- коэффициент, учитывающий коррозионные повреждения,  $\gamma_d = 1,0$ .

На основании этих данных расчетное сопротивление по пределу текучести составляет:

$$R_y = \frac{25,5}{1,025 \cdot 1,1} = 22,6\text{ кН/см}^2$$

2.7. Исходные данные для расчета:

- Диаметр резервуара – 18,83 м.
- Высота резервуара – 11,9 м.
- Объем резервуара – 3 000 м<sup>3</sup>, отсюда полная высота залива резервуара:
- $h = 10,77\text{ м}$ .
- Объемный вес хранимого продукта – 910 кг/м<sup>3</sup>.
- Скорость опорожнения – 90 м<sup>3</sup>/час.

2.8. Расчет стенки на прочность

2.8.1. Характеристики нагрузок:

1. Коэффициент надежности по гидростатическому давлению жидкости

$$\gamma_f = 1,1.$$

2. Расчетное избыточное давление

$$p_u = \gamma_f p = 1,2 \cdot 2,0 = 2,4\text{ кПа}$$

2.1. Значения кольцевых растягивающих напряжений приведены в таблице 1.

2.2. Согласно данным таблицы 1 прочность резервуара по критерию максимальных растягивающих кольцевых напряжений обеспечена с большим запасом.

2.9. Расчет стенки на устойчивость

2.9.1. Характеристики нагрузок:

1. Коэффициент надежности для собственного веса стальных конструкций:

$$\gamma_f = 1,05.$$

2. Расчетный вакуум:

$$p_u = \gamma_f p = 1,2 \cdot 0,25 = 0,3\text{ кПа}.$$

Таблица 1. Расчет стенки на прочность

№ пояса	Толщина пояса	Высота пояса	Глубина	Гидрав. давление	Полное давление	Напр.
	см	см	см	кН/см <sup>2</sup>	кН/см <sup>2</sup>	кН/см <sup>2</sup>
9	0,5	124,5	7,5	7,43E-05	3,14E-04	0,6
8	0,5	124,5	132,0	1,31E-03	1,55E-03	2,9
7	0,5	124,5	256,5	2,54E-03	2,78E-03	5,2
6	0,5	124,5	381,0	3,77E-03	4,01E-03	7,6
5	0,5	124,5	505,5	5,00E-03	5,24E-03	9,9
4	0,5	124,5	630,0	6,24E-03	6,48E-03	12,2
3	0,6	149	779,0	7,71E-03	7,95E-03	12,5
2	0,8	149	928,0	9,19E-03	9,43E-03	11,1
1	0,8	149	1 077,0	1,07E-03	1,09E-02	12,8

3. Расчетное давление ветра – 0,5 кПа, снеговая нагрузка – 1,5 кПа.

2.9.2. Значения действующих кольцевых и меридиональных напряжений, а также соответствующие критические напряжения приводятся в таблицах 2 и 3.

2.9.3. Проверка устойчивости стенки выполнялась по формуле:

$$\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}} \leq 1.$$

2.9.4. Результаты расчета устойчивости приведены в таблице 3. Расчеты показали, что при совместном действии эксплуатационных и атмосферных нагрузок устойчивость стенки резервуара не обеспечена.

2.10. Выводы по расчету.

2.10.1. Анализ появления искривлений стенки. В момент появления повреждений снеговая нагрузка отсутствовала. Расчеты показывают, что при этом значение  $(\sigma_1 / \sigma_{cr1}) + (\sigma_2 / \sigma_{cr2})$  незначительно превышает 1,0. Это означает, что стенка находится в неустойчивом равновесии. Поэтому небольшое дополнительное внешнее давление могло привести к потере устойчивости.

2.10.2. Стрела имеющихся искривлений стенки значительно превосходит допускаемые нормами значения. Это означает:

- а) имеющиеся методы расчета устойчивости не являются применимыми;
- б) снижение устойчивости стенки при действии сжимающих напряжений составляет 3–5 раз.

**Таблица 2.** Расчет стенки на устойчивость от действия постоянной нагрузки

№ пояса	Толщина пояса	Высота пояса	Высота для веса стенки	Вес стенки	Полная вертикальная	Напряж. осевого сжатия	Коэффициент с	$\sigma_{cr1}$	$\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}}$
	см	м	м	кН/см	кН/см	кН/см <sup>2</sup>		кН/см <sup>2</sup>	
9	0,5	1,245	1,25	0,005	0,112	0,22	0,066	0,74	0,30
8	0,5	1,245	2,49	0,010	0,117	0,23	0,066	0,74	0,32
7	0,5	1,245	3,74	0,015	0,122	0,24	0,066	0,74	0,33
6	0,5	1,245	4,98	0,020	0,127	0,25	0,066	0,74	0,34
5	0,5	1,245	6,23	0,024	0,132	0,26	0,066	0,74	0,36
4	0,5	1,245	7,47	0,029	0,137	0,27	0,066	0,74	0,37
3	0,6	1,49	8,96	0,042	0,149	0,25	0,066	0,88	0,28
2	0,8	1,49	10,45	0,066	0,173	0,22	0,069	1,23	0,18
1	0,8	1,49	11,94	0,075	0,182	0,23	0,076	1,36	0,17

**Таблица 3.** Расчет стенки на устойчивость от действия эксплуатационных и атмосферных нагрузок

№ пояса	Толщина пояса	Высота пояса	Высота для ветра	Коэффициент к	Давление ветра	Полное давление	Кольц. сжим. напр.	$\sigma_{cr2}$	$\frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}}$	$\frac{\sigma_1}{\sigma_{cr1}} + \frac{\sigma_2}{\sigma_{cr2}}$
	см	м	м		кН/см <sup>2</sup>	кН/см <sup>2</sup>	кН/см <sup>2</sup>	кН/см <sup>2</sup>		
9	0,5	1,245	11,49	0,71	2,84E-05	5,55E-05	0,104	0,123	0,85	1,15
8	0,5	1,245	10,70	0,67	2,68E-05	5,40E-05	0,102	0,123	0,82	1,14
7	0,5	1,245	9,45	0,63	2,52E-05	5,24E-05	0,099	0,123	0,80	1,13
6	0,5	1,245	8,21	0,63	2,52E-05	5,24E-05	0,099	0,123	0,80	1,14
5	0,5	1,245	6,96	0,58	2,32E-05	5,05E-05	0,095	0,123	0,77	1,13
4	0,5	1,245	5,72	0,52	2,08E-05	4,83E-05	0,091	0,123	0,74	1,11
3	0,6	1,49	4,47	0,50	2,00E-05	4,75E-05	0,075	0,123	0,60	0,89
2	0,8	1,49	2,98	0,50	2,00E-05	4,75E-05	0,056	0,123	0,45	0,63
1	0,8	1,49	1,49	0,50	2,00E-05	4,75E-05	0,056	0,123	0,45	0,62

2.10.3. При отсутствии (устранении) искривлений стенки:

- а) прочность стенки резервуара обеспечена;
- б) устойчивость стенки резервуара не обеспечена.

2.10.4. Для обеспечения безопасной эксплуатации резервуара необходимо:

- а) восстановить проектную геометрию стенки;
- б) установить ветровые кольца жесткости.

За длительный срок эксплуатации, строительные конструкции резервуара хранения масла «О2» получили ряд повреждений:

- язвенная коррозия стальных листов кровли площадью до  $S = 0,1\text{ м}^2$ ;
- разрушение защитного лакокрасочного слоя по сварным швам;
- потеря сечения стальных листов до 7,2 мм в районе уторного шва сооружения.
- потеря местной устойчивости стенки (хлопуны втянутые внутрь) участками площадью до  $12\text{ м}^2$  глубиной до 300 мм;
- потеря местной устойчивости стенки (хлопуны втянутые внутрь) участками площадью до  $6\text{ м}^2$  глубиной до 150 мм;



**Рисунок 3.** Местная потеря устойчивости стенки резервуара.

- потеря местной устойчивости стенки (хлопуны втянутые внутрь) участками площадью до  $2\text{ м}^2$  глубиной до 180 мм;
- частичное разрушение защитного лакокрасочного слоя стенки сооружения;
- деформация поверхности днища (волнообразного очертания) в результате неравномерной осадки сооружения;
- зазоры между основанием и окрайком днища величиной до 100 мм;
- просадка (осыпание) основания глубиной до 100 мм участками площадью до  $3\text{ м}^2$  [9];
- разрушение, трещины и проломы по отмостке сооружения;
- замокание окрайка резервуара, в результате скопления влаги.

### Заключение

По результатам проверочного расчета резервуара хранения масла «О2», расположенного на территории филиала № 1 Государственной корпорации по разработке и реализации современных технологий «ДОНЕЦКИЕ ТЕХНОЛОГИИ», установлено, что при восстановлении проектного положения стенки резервуара его устойчивость не будет обеспечена [12].

По результатам геодезической съёмки резервуара хранения масла «О2», расположенного на территории филиала № 1 Государственной корпорации по разработке и реализации современных технологий «ДОНЕЦКИЕ ТЕХНОЛОГИИ», установлено, что крен резервуара составляет 80 мм, это вызвано неравномерной осадкой фундамента сооружения, в связи с этим после выполнения ремонта резервуара необходимо выполнить контрольную геодезическую съёмку объекта. В дальнейшем проводить сезонные осмотры [9].

Для безопасной дальнейшей эксплуатации данного резервуара был разработан проект капитального ремонта. В проекте произведено усиление стенки резервуара ветровыми кольцами жесткости. Также были даны рекомендации по выравниванию хлопунов днища резервуара и рекомендации по устройству конструкции отмостки.

## Литература

1. НПАОТ 45.2-1.01-98. Правила обследований, оценки технического состояния и паспортизации производственных зданий и сооружений : утвержден приказом Государственного комитета строительства, архитектуры и жилищной политики Украины и Госнадзорохрантруда Украины от 27 ноября 1997 г. № 32/288 : дата введения 1999-07-28 / разработан Научно-исследовательским институтом строительного производства. – Киев : [б. и.], 1998. – 18 с. – Текст : непосредственный.
2. НПАОТ 45.2-4.01-98. Положение о безопасной и надежной эксплуатации производственных зданий и сооружений : утвержден приказом Государственного комитета строительства, архитектуры и жилищной политики Украины и Госнадзорохрантруда Украины от 27 ноября 1997 г. № 32/288 : дата введения 1998-03-30 / разработан Научно-исследовательским институтом строительного производства. – Киев : [б. и.], 1998. – 18 с. – Текст : непосредственный.
3. НПАОТ 45.2-4.02-98 Положение о специализированных организациях по проведению обследований и паспортизации существующих зданий и сооружений с целью обеспечения их надежности и безопасной эксплуатации : утвержден приказом Государственного комитета строительства, архитектуры и жилищной политики Украины и Госнадзорохрантруда Украины от 27 ноября 1997 г. № 32/288 : дата введения 1998-07-28 / разработан Научно-исследовательским институтом строительного производства. – Киев : [б. и.], 1998. – 24 с. – Текст : непосредственный.
4. НПАОТ 45.2-4.03-98 Положение о главной организации по координации действий, подготовки нормативных документов по вопросам обследований и паспортизации зданий и сооружений с целью обеспечения их надежности и безопасной эксплуатации : утвержден приказом Государственного комитета строительства, архитектуры и жилищной политики Украины и Госнадзорохрантруда Украины от 27 ноября 1997 г. № 32/288 : дата введения 1998-05-01 / разработан Государственным комитетом строительства, архитектуры и жилищной политики Украины. – Киев : [б. и.], 1998. – 16 с. – Текст : непосредственный.
5. НПАОТ 45.2-7.01-97 Об обеспечении надежности и безопасной эксплуатации зданий, сооружений и инженерных сетей : утвержден постановлением Кабинета Министров Украины от 05 мая 1997 г. № 409 : дата введения 1997-12-01 / разработан Министерством развития общин и территорий Украины. – Киев : [б. и.], 1997. – 30 с. – Текст : непосредственный.
6. НПАОТ 45.2-7.02-12 Система стандартов безопасности труда. Охрана труда и промышленная безопасность в строительстве : утвержден приказами Минрегионстроя Украины от 27 января 2009 г. № 45, от 04 июня 2010 г. № 202, от 25 мая 2011 г. № 53 : дата введения 2012-04-01 / разработан

## References

1. NPAOT 45.2-1.01-98. Rules for surveys, assessment of technical condition and certification of industrial buildings and structures. – Kiev : [s. n.], 1998. – 18 p. – Text : direct. (in Russian)
2. NPAOT 45.2-4.01-98. Regulations on the safe and reliable operation of industrial buildings and structures. – Kiev : [s. n.], 1998. – 18 p. – Text : direct. (in Russian)
3. NPAOT 45.2-4.02-98 Regulations on specialized organizations for conducting surveys and certification of existing buildings and structures in order to ensure their reliability and safe operation. – Kiev : [s. n.], 1998. – 24 p. – Text : direct. (in Russian)
4. NPAOT 45.2-4.03-98 Regulations on the main organization for the coordination of actions, preparation of regulatory documents on inspection and certification of buildings and structures in order to ensure their reliability and safe operation. – Kiev : [s. n.], 1998. – 16 p. – Text : direct. (in Russian)
5. NPAOT 45.2-7.01-97 On ensuring the reliability and safe operation of buildings, structures and engineering networks. – Kiev : [s. n.], 1997. – 30 p. – Text : direct. (in Russian)
6. NPAOT 45.2-7.02-12 Occupational safety standards system. Labor protection and industrial safety in construction. – Kiev : [s. n.], 1998. – 18 p. – Text : direct. (in Russian)
7. State register of normative legal acts on labor protection of the Donetsk People's Republic as of June 28, 2017. – 114 p. – URL: <https://visotnik.dn.ua/wp-content/uploads/2019/04/%D0%A0%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%80-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%A2-%D0%94%D0%9D%D0%A0.pdf>. - Text : electronic. (in Russian)
8. DBN V.1.2.2:2006. The system for ensuring the reliability and safety of construction sites. Loads and impacts. Design standards. Change № 1. – Kiev : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2007. – 75 p. – Text : direct. (in Ukrainian)
9. DBN V.1.2-6-2008. The system for ensuring the reliability and safety of construction sites. Basic requirements for buildings and structures mechanical resistance and durability. – Kiev : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2008. – 15 p. – Text : direct. (in Ukrainian)
10. DBN V.1.2-9-2008. The system for ensuring the reliability and safety of construction sites. Basic requirements for buildings and structures. Operational. – Kiev : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2008. – 21 p. – Text : direct. (in Ukrainian)
11. DBN V.2.1-10-2009. Foundations and foundations of structures. Basic principles of design. – Kiev : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2009. – 90 p. – Text : direct. (in Ukrainian)
12. DBN V.2.6-198:2014. Steel structures. Design standards. – Kiev : Ministry of Regional Development



- Научно-исследовательским институтом строительного производства. – Киев : [б. и.], 1998. – 18 с. – Текст : непосредственный.
7. Государственный реестр нормативных правовых актов по охране труда Донецкой Народной Республики по состоянию на 28.06.2017 г. : утвержден приказом Государственного комитета Гортехнадзора ДНР от 03.09.2015 г. № 367 (в редакции приказа Государственного Комитета Гортехнадзора ДНР от 18.03.2016 г. № 167). – 114 с. – URL: <https://visotnik.dn.ua/wp-content/uploads/2019/04/%D0%A0%D0%B5%D0%B5%D1%81%D1%82%D1%80-%D0%9D%D0%9F%D0%90%D0%9E%D0%A2-%D0%94%D0%9D%D0%A0.pdf>. – Текст : электронный.
  8. ДБН В.1.2.2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. Зміна № 1 : видання офіційне : затверджено та надано чинності Наказом Міністерства регіонального розвитку та будівництва України від 13 серпня 2007 р. № 143 : на зміну СНиП 2.01.07-85 (за винятком розділу 10) : надано чинності 2007-10-01 / розроблено ВАТ «Укрндіпроектстальконструкція ім. В. М. Шимановського». – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2007. – 75 с. – Текст : непосредственный.
  9. ДБН В.1.2-6-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд механічний опір та стійкість : видання офіційне : затверджено та надано чинності Наказом Мінрегіонбуду України від 26 січня 2008 р. № 40 : введено вперше : надано чинності 2008-10-01 / розроблено Державним науково-дослідним інститутом будівельних конструкцій Мінрегіонбуду України. – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. – 15 с. – Текст : непосредственный.
  10. ДБН В.1.2-9-2008. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Основні вимоги до будівель і споруд. Безпека експлуатації : видання офіційне : затверджено та надано чинності Наказом Мінрегіонбуду України від 26 січня 2008 р. № 37 : введено вперше : надано чинності 2008-10-01 / розроблено Державним науково-дослідним інститутом будівельних конструкцій Мінрегіонбуду України. – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2008. – 21 с. – Текст : непосредственный.
  11. ДБН В.2.1-10-2009. Основи та фундаменти споруд. Основні положення проектування : видання офіційне : затверджено та надано чинності Наказом Мінрегіонбуду України від 19.01.2009 р. № 5 : введено вперше : надано чинності 2009-07-01 / розроблено Державним підприємством «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК). – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2009. – 90 с. – Текст : непосредственный.
  13. DBN A.3.2-2:2009. Labor protection and industrial safety in construction. Basic Provisions. – Kiev : Ministry of Regional Development of Ukraine, 2012. – 122 p. – Text : direct. (in Ukrainian)

12. ДБН В.2.6-198:2014. Сталеві конструкції. Норми проектування : видання офіційне : затверджено та надано чинності Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 06.10.2014 р. № 167 : на заміну ДБН В.2.6-163:2010 у частині розділу 1 та ДСТУ Б В.2.6-194:2013 : надано чинності 2015-01-01 / розроблено ТОВ «Укршнстал-кон ім. В. М. Шимановського». – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2014. – 206 с. – Текст : непосредственный.
13. ДБН А.3.2-2:2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення : видання офіційне : затверджено та надано чинності наказами Мінрегіонбуду України від 27.01.2009 р. № 45, від 04.06.2010 р. № 202, від 25.05.2011 р. № 53 та наказ Мінрегіону від 30.12.2011 № 417 : на заміну СНиП III-4-80\* : надано чинності 2012-05-01 / розроблено Науково-дослідним інститутом будівельного виробництва Мінрегіонбуду України. – Київ : Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. – 122 с. – Текст : непосредственный.

**Мишура Сергей Николаевич** – старший преподаватель кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование сооружений с целью разработки методов расчёта, прогнозирования срока службы, повышения надёжности и обеспечения эксплуатационной пригодности, а также разработка методов планирования и оптимизации мероприятий по обслуживанию зданий и сооружений.

**Миронов Андрей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры металлических конструкций и сооружений ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: усталостная прочность металлических конструкций, концентрация напряжений в узлах ферм с применением широкополочных двутавров и гнutosварных замкнутых профилей, напряженно-деформированное состояние сталежелезобетонных конструкций, в том числе трубобетонных конструкций.

**Соловей Павел Илларионович** – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследование статических и динамических деформаций высотных сооружений башенного типа, геодезический контроль геометрических параметров сооружений в сложных условиях строительства и эксплуатации.

**Копачев Роман Романович** – студент ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: анализ причин появления повреждений строительных конструкций при длительной эксплуатации, инвариантное проектирование методов усиления и защиты строительных конструкций.

**Авсиевич Владислав Алексеевич** – магистрант ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: анализ причин появления повреждений строительных конструкций при длительной эксплуатации, инвариантное проектирование методов усиления и защиты строительных конструкций.

**Мишура Сергій Миколайович** – старший викладач кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження споруд з метою розробки методів розрахунку, прогнозування терміну служби, підвищення надійності та забезпечення експлуатаційної придатності, а також розробка методів планування та оптимізації заходів з обслуговування будівель і споруд.

**Миронов Андрій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри металевих конструкцій і споруд ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва та архітектури». Наукові інтереси: втомлена міцність металевих конструкцій, концентрація напружень в вузлах ферм із застосуванням широко полицьових двотаврів та гнutoзварних замкнених профілів, напружено-деформований стан сталезалізобетонних конструкцій, у тому числі труобобетонних конструкцій.

**Соловей Павло Іларіонович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної геодезії ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва та архітектури». Наукові інтереси: дослідження статичних і динамічних деформацій висотних споруд баштового типу, геодезичний контроль геометричних параметрів споруд в складних умовах будівництва та експлуатації.

**Копачов Роман Романович** – студент ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва та архітектури». Наукові інтереси: аналіз причин появи пошкоджень будівельних конструкцій при тривалій експлуатації, інваріантне проектування методів посилення і захисту будівельних конструкцій.

**Авсієвич Владислав Олексійович** – магістрант ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва та архітектури». Наукові інтереси: аналіз причин появи пошкоджень будівельних конструкцій при тривалій експлуатації, інваріантне проектування методів посилення і захисту будівельних конструкцій.

**Mishura Sergey** – Senior Lecturer, Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of structures in order to develop methods for calculating, predicting service life, improving reliability and ensuring operational suitability, as well as developing methods for planning and optimizing measures for the maintenance of buildings and structures.

**Mironov Andrey** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: fatigue strength of metal structures, stress concentration in truss nodes using wide-field I-beams and bent-welded closed profiles, stress-strain state of steel-reinforced concrete structures, including pipe-concrete structures.

**Solovey Pavel** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Engineering Geodesy Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research of static and dynamic deformations of high-rise structures of tower type, geodetic control of geometric parameters of structures in difficult conditions of construction and operation.

**Kopachev Roman** – student, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: analysis of the causes of damage to building structures during long-term operation, invariant design of methods for strengthening and protecting building structures.

**Avsievich Vladislav** – Master's student, Metal Structure and Construction Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: analysis of the causes of damage to building structures during long-term operation, invariant design of methods for strengthening and protecting building structures.