

УДК 539.3

ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ПОКРЫТИЕ С КОНСТРУКТИВНОЙ ПРОТИВОКОРРОЗИОННОЙ ЗАЩИТОЙ

Н. М. Якупов, А.А. Абдюшев, С.Н. Якупов

yzsrr@kfti.knc.ru

Разработан вариант тонкостенного покрытия с конструктивной противокоррозионной защитой. Проведен расчет варианта конструкций. Продувочные каналы, образованные несущими элементами конструкции, обеспечивают постоянную вентиляцию конструктивно-силовых элементов покрытия. Наличие в нижней части покрытия тонкостенного элемента в виде фольги или пленки, обеспечивает, наряду с формообразованием части продувочных каналов, изоляцию несущих конструктивно - силовых элементов от паровоздушной агрессивной среды отстойника. Удастся увеличить долговечность покрытия и экологическую эффективность. Получен патент №2345198.

Введение

Конструкции и сооружения работают в различных условиях и средах, в том числе, в агрессивных средах. Взаимодействие со средой вызывает изменение геометрических и физико-механических параметров элементов конструкций, что, в свою очередь, приводит к снижению прочности, долговечности и надежности конструкций [1-4]. Особенно это ощутимо в тонкостенных элементах конструкций. В связи с этим возникает проблема защиты от коррозионного разрушения элементов конструкций и сооружений, работающих в различных средах.

Существуют различные подходы, методы и способы защиты конструкций от коррозии. В частности, создание защитного барьера непосредственно на поверхностном слое элемента конструкции путем легирования, напыления, термической и механической обработкой; либо создание экранирующего слоя на поверхности конструкции путем нанесения защитных лакокрасочных, гальванических и полимерных покрытий. Распространенным методом защиты конструкций от коррозии является электрохимическая защита.

Эффективным подходом является применение ингибиторов (замедлителей) коррозии.

Возможны и конструкционные подходы, позволяющие существенно снизить коррозионный износ элементов конструкций и сооружений. Такой подход показан на примере покрытия крупногабаритного отстойника, разработанного для гиганта нефтехимии – ОАО Нижнекамскнефтехима (ОАО НКНХ). Проблема покрытия отстойника возникла в связи с обострением экологической ситуации.

Схемы отстойника и первого варианта покрытия

Одним из важных составных элементов очистных сооружений являются отстойники. Отстойники были спроектированы и сделаны открытыми. Однако с ужесточением экологических норм и под давлением общественности возникла проблема снижения вредных газообразных выбросов в атмосферу. Отстойники ОАО НКНХ представляют собой круговые бассейны диаметром сорок метров, в центральной части которых имеются агрегаты, обеспечивающие движение радиальной щетки по кругу. Поперечный разрез отстойника представлен на рис. 1. Центральная часть отстойника позволяет установить центральную опору. Для обслуживания агрегатов в центральной части необходимо пространство высотой не менее двух метров.

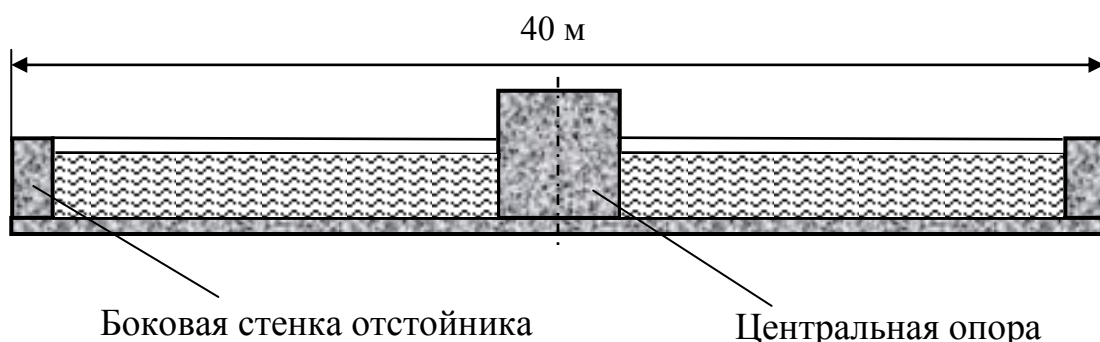


Рис. 1. Разрез отстойника

Вначале был разработан вариант покрытия в виде цилиндрической и гладкой пологой конической оболочки [1,5],

опирающейся на ферменные балки (рис.2). Этот вариант был реализован на трех отстойниках.

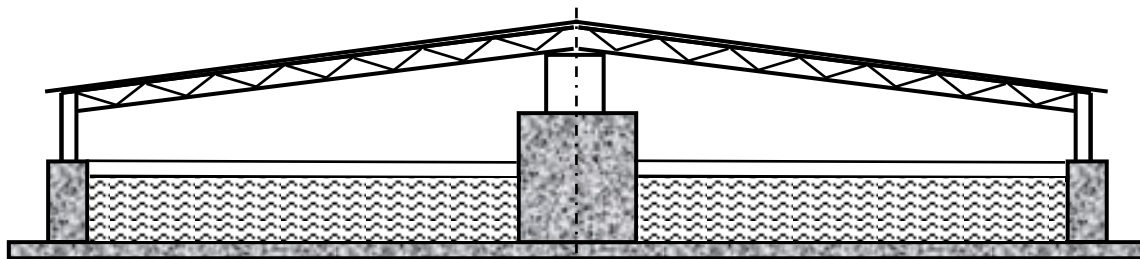


Рис. 2. Отстойник с покрытием

Несмотря на простоту такого покрытия, оно имело существенные недостатки. Прежде всего, несущие конструктивно-силовые стержневые элементы (фермы) находятся внутри замкнутой полости, образуемой покрытием и зеркалом жидкости отстойника. Внутри полости среда агрессивная. Это было одним из основных причин быстрого коррозионного износа конструкции покрытия.

Покрытие отстойника в виде цилиндрической и гладкой пологой конической оболочки, опирающейся на ферменные балки вследствие конструктивных недостатков, а также существенного коррозионного износа быстро пришло в негодность – срок службы оказался менее 10 лет. Возникла необходимость разработки нового варианта покрытия, исключая отмеченные недостатки.

Схема нового варианта покрытия

Важным требованием к сооружению является долговечность конструкции покрытия. В НКНХ была поставлена задача повышения коррозионной стойкости и долговечности конструкции, увеличения несущей способности, облегчение технологии монтажа и обеспечение защиты окружающей среды. При минимальном подъеме конструкции покрытия оно имело бы минимальную парусность. В то же время форма покрытия должна обеспечивать прочность, жесткость и устойчивость при минимальной материалоемкости, а также отсос газов из воздушного пространства бассейна. Из анализа

вышеназванных требований возникла идея создания покрытия сложной геометрии с продувочными каналами и защитным экраном.

Новый вариант конструктивно-силовой схемы покрытия отстойника [6-9] включает (рис.3) центральный элемент 3, опертый на центральную опору 2, и боковые оболочки 5, опертые одним концом на центральный элемент 3, а другим на размещенные по периметру покрытия опоры 1. Центральный элемент 3 в целом представляет собой оболочку отрицательной кривизны и составлен из отдельных радиально расположенных расширяющихся от центра к периферии опорных желобов (гофров), которые обращены днищами вниз и состыкованы друг с другом по радиальным сечениям.

Боковые оболочки 5 в целом имеют положительную кривизну и составлены из отдельных радиально расположенных расширяющихся от центра к периферии основных желобов (гофров), которые обращены днищами вниз и состыкованы друг с другом по радиальным сечениям, а внутренним концом оперты (присоединены) на внешние концы опорных желобов. На центральном элементе и боковых оболочках с нижней стороны установлен защитный усиливающий экран 6, формирующий радиально расположенные продувочные каналы *a*, *б* и закрепленный на стыковочных ребрах желобов посредством планок. Экран 6 расположен в нижней касательной поверхности центрального элемента и боковой оболочки и имеет минимально возможную площадь поверхности. На центральный элемент сверху установлена дополнительная верхняя оболочка 4. Оболочка составлена из верхних желобов (гофров), которые состыкованы друг с другом по радиальным сечениям. Причем для формирования дополнительных продувочных каналов *в* верхние желоба 4 сопряжены с опорными желобами (гофрами) по стыковочным ребрам. Срединные поверхности опорных, основных и верхних желобов (гофров) имеют поперечное сечение в виде или дуги, или ломаной линии в зависимости от варианта стыковки их друг с другом. Центральный элемент 3 установлен на центральной опоре 2. Центральный элемент 3 в совокупности с боковой оболочкой 5 и верхней оболочкой 4 стянут к штоку центральной опоры 2 посредством растяжек из металлических стержней, троса или цепей. На рис.4 изображено покрытие (вид сверху). На рис. 5, 6 и 7 приведены узлы Б, В и Г (по рис. 3).

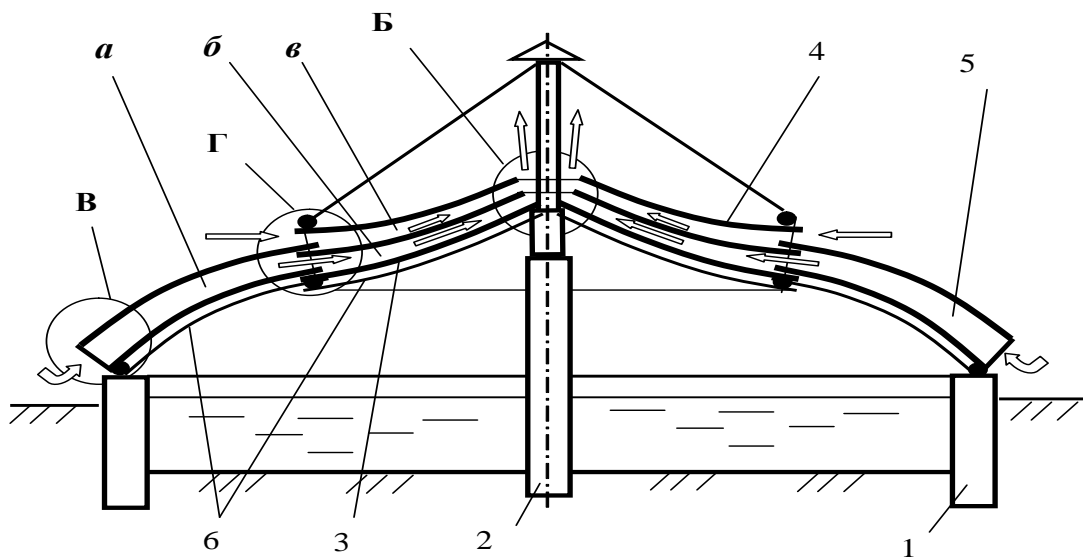


Рис. 3. Схема покрытия отстойника: *а, б и в* – продувочные каналы, 1 – стенка отстойника, 2 – центральная опора, 3 – желоба центрального элемента, 4 – верхние желоба, 5 – основные желоба, 6 – защитный усиливающий экран

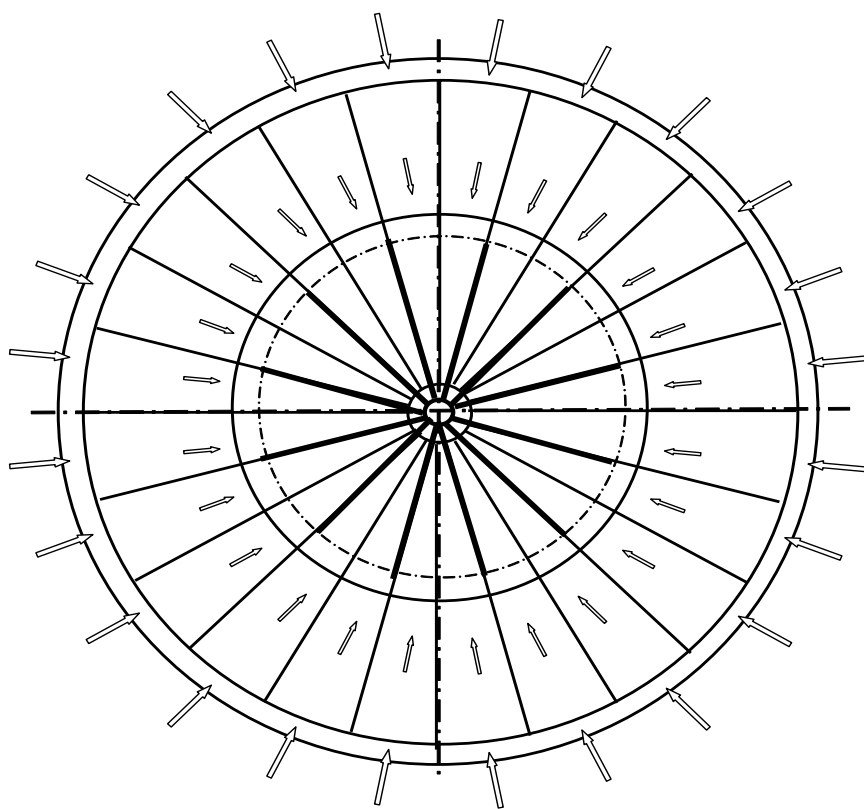


Рис. 4. Схема покрытия отстойника – вид сверху

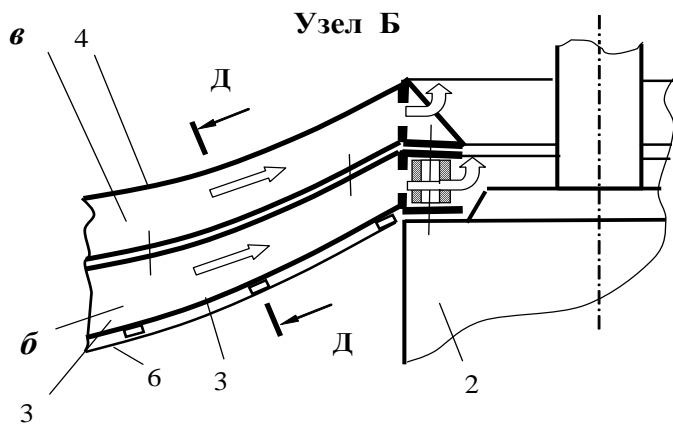


Рис. 5. Узел Б по рис.3

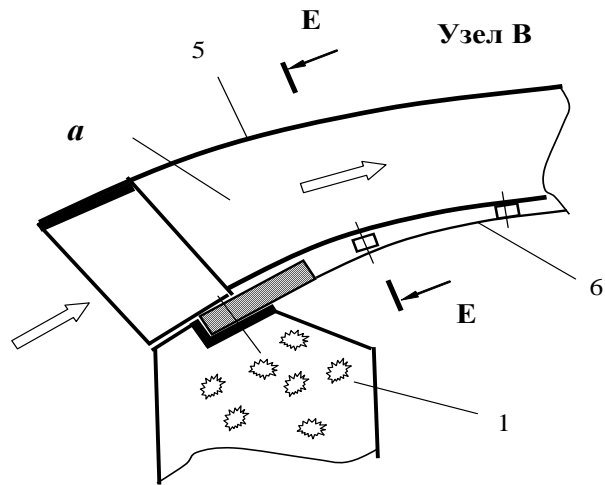


Рис. 6. Узел В по рис.3

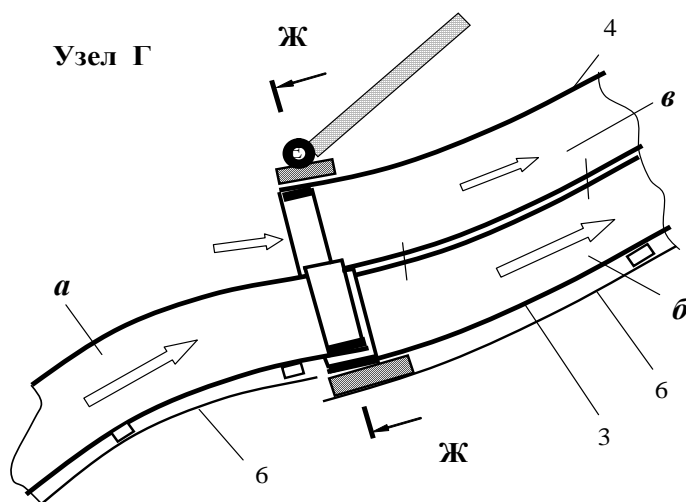


Рис. 7. Узел Г по рис.3

Направления потоков воздуха на чертежах показаны фигурными стрелками. Покрытие опирается на стенку 1 отстойника (резервуара) и центральную опору 2. Резервуар представляет собой емкость (бассейн) круговой формы в плане. Для повышения несущей способности покрытия устанавливается кольцевой шпангоут усиления, который жестко связывает нижние концы опорных желобов 3 центрального элемента.

С целью уменьшения веса конструкции покрытия рекомендуется центральный элемент в совокупности с боковой оболочкой и верхней оболочкой присоединить к штоку центральной опоры 2 посредством растяжек. Центральный элемент в сборе с дополнительной верхней оболочкой и шпангоутом усиления служит основной опорой покрытия, являясь одновременно частью несущей поверхности. С прочностной точки зрения двухслойная оболочка в центральной части обеспечивает необходимую изгибную жесткость конструкции. Защитный усиливающий экран б изолирует силовую конструкцию покрытия от агрессивного воздействия внутренней среды отстойника. Образуемые каналы *а*, *б* и *в* обеспечивают естественную продувку внутренних полостей металлических желобов, обеспечивая при этом вынос влажной среды (конденсата) от металлических поверхностей и охлаждение поверхности. Тем самым снижается степень коррозионного износа.

Описанный вариант покрытия (рис.8) имеет архитектурно - выразительную форму, является пространственно искривленной тонкостенной конструкцией, создает минимальное функционально необходимое пространство и обеспечивает максимальную несущую способность при минимальном весе конструкции.

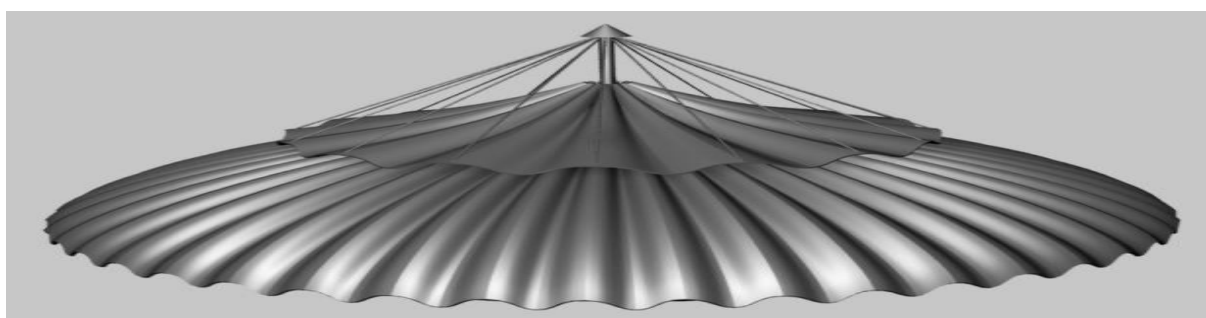


Рис. 8. Вариант покрытия отстойника

Форма покрытия позволяет максимально снизить объем накопления осадков, а также обеспечивает отсос газов из воздушного пространства бассейна. Разработанный вариант покрытия позволяет максимально увеличить долговечность покрытия, а также увеличить его экологическую эффективность.

Результаты расчетов конкретного варианта покрытия

Общий вид расчетной сетки изображен на рис.9.

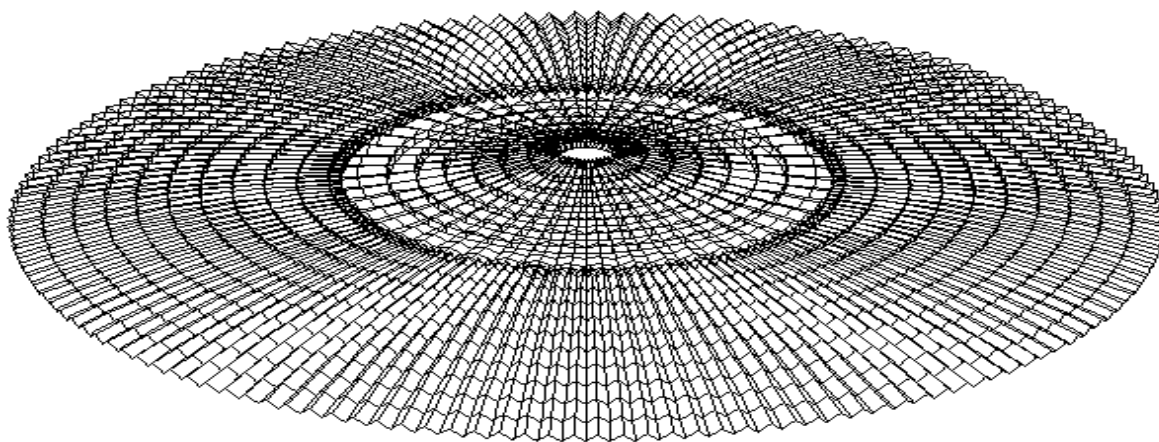


Рис. 9. Расчетная сетка – общий вид

Методом конечных элементов [10] проведен расчет варианта конструкций с треугольными желобами (рис.10) и определены характеристики элементов конструкции.

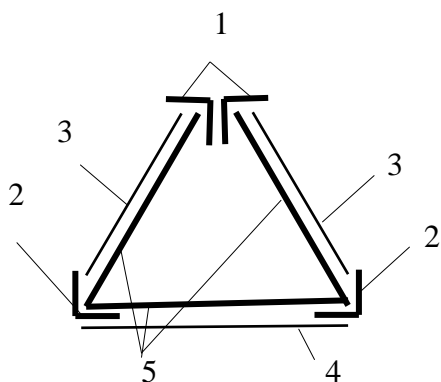


Рис.10. Схема треугольного желоба:
1 – верхние уголки, 2 – нижние уголки,
3 – боковые стенки, 4 – защитный экран,
5 – формообразующая нервюра

Расчетная сетка одного сектора представлена на рис.11.

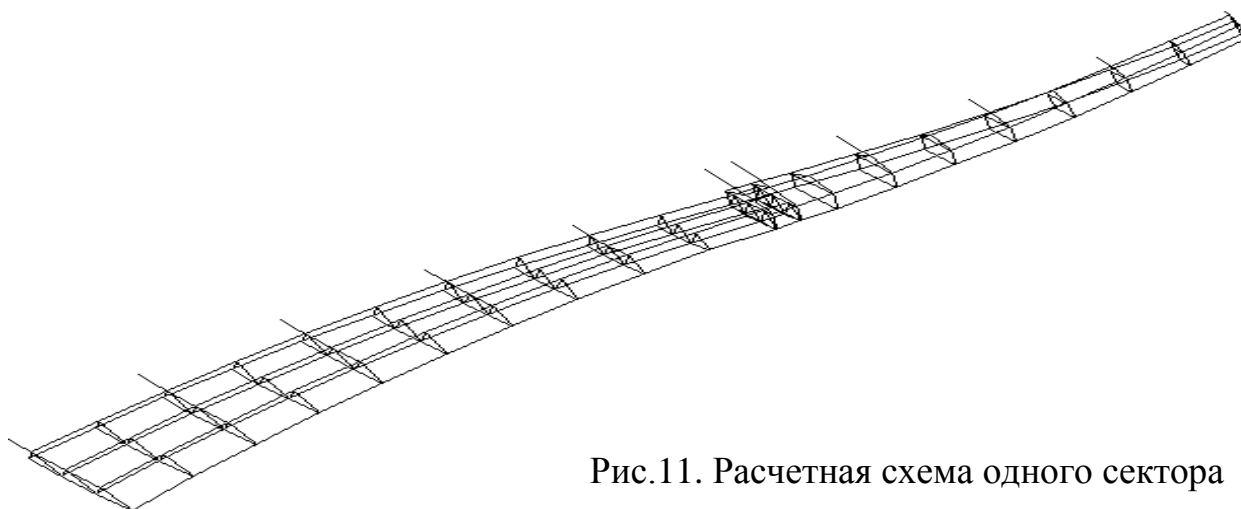


Рис.11. Расчетная схема одного сектора

Методом подбора жесткостей элементов определены минимально необходимые параметры основных элементов: площади поперечных сечений уголков, а также толщины стенок. Некоторые расчетные данные приведены в таблице 1.

Таблица 1

Вес P , $кН$	Мак. прогиб w , м	Модуль упругости материала E , $ГПа$	Максимальное напряжение σ в элементах конструкции, $МПа$	Минимальное напряжение σ в элементах конструкции, $МПа$
477,98	- 0,00134	0,2	67,41	-63,14

Заключение

Разработано экологическое покрытие для отстойника, имеющего минимальную парусность и вес. Конструкция позволяет производить отсос газов из воздушного пространства бассейна. Благодаря продувочным каналам и защитному экрану снижается коррозионный износ и увеличивается долговечность конструкции. На разработку получен патент на изобретение №2345198 [6]. Разработка награждена Дипломом II степени и Серебряной медалью на XVI Международной выставке-конгрессе. С.-Петербург, 2010 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Якупов Н.М., Хисматуллин Н.И.* Механики Нижнекамскнефтехима. Казань, 1996. 224 с.
2. *Якупов Н.М., Сидоренко С.Н.* Коррозия – союзник аварий и катастроф. М.: Изд-во РУДН, 2002. 93 с.
3. *Низамов Х.Н., Сидоренко С.Н., Якупов Н.М.* Прогнозирование и предупреждение коррозионного разрушения конструкций. М., Издательство РУДН, 2006. 355 с.
4. *Якупов Н.М.* Лаборатория нелинейной механики оболочек: история и разработки последних лет. ИММ КазНЦ РАН, Казань, Изд-во КГУ, 2006. 98 с.
5. *Якупов Н.М.* Прикладные задачи механики упругих тонкостенных конструкций. Казань: ИММ КНЦ РАН, 1994. 124 с.
6. *Якупов Н.М., Гильманов Х.Х., Нуруллин Р.Г., Галявиев Ш.Ш., Галимуллин Ф.А., Киреев Ю.А., Якимов Е.В., Якупов С.Н.* Покрытие // Патент РФ № 2345198. 2009. Бюл. №3.
7. *Якупов Н.М.* Механика: проблема – идея – практика. Казань: Казан. гос. ун-т, 2010. 161 с.
8. *Якупов Н.М., Абдюшев А.А., Якупов С.Н.* Конструктивно - силовая схема экопокрытия отстойника // Проблемы тепломассообмена и гидродинамики в энергомашиностроении: Материалы докладов VI школы-семинара молодых ученых и специалистов академика РАН В.Е. Алемасова. Казань, 16-18 сентября 2008 г. Казань: Изд-во Казанск. ун-та, 2008. С. 416-419.
9. *Якупов Н.М., Абдюшев А.А., Якупов С.Н.* Экологическое покрытие отстойника // Инновации РАН – 2010: материалы ежегодной научно - практической конференции. Казань: Издательство «Слово», 2010. С. 349-352.
10. *Лукашенко В.И., Абдюшев А.А. и др.* Экспертиза, расчет, анализ пространственных конструкций: Монография. Казань: КГАСУ, 2006. 321 с.