

Научный семинар по промышленному
и гражданскому строительству
Scientific seminar on industrial and civil engineering

ЯКУПОВ Нух Махмудович

**Диагностика, механика и лечение
тонкостенных конструкций сложной геометрии**

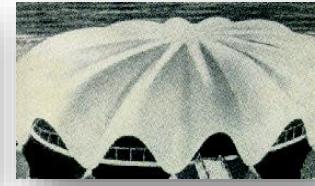
Diagnostics, mechanics and treatment of thin-walled
structures of complex geometry

Москва
14.10.2025

Тонкостенные конструкции, сочетающие легкость с высокой прочностью, находят широкое применение в строительстве, в авиа- и ракетостроении, в нефтехимии...



Особо эффективными являются тонкостенные конструкции сложной геометрии.



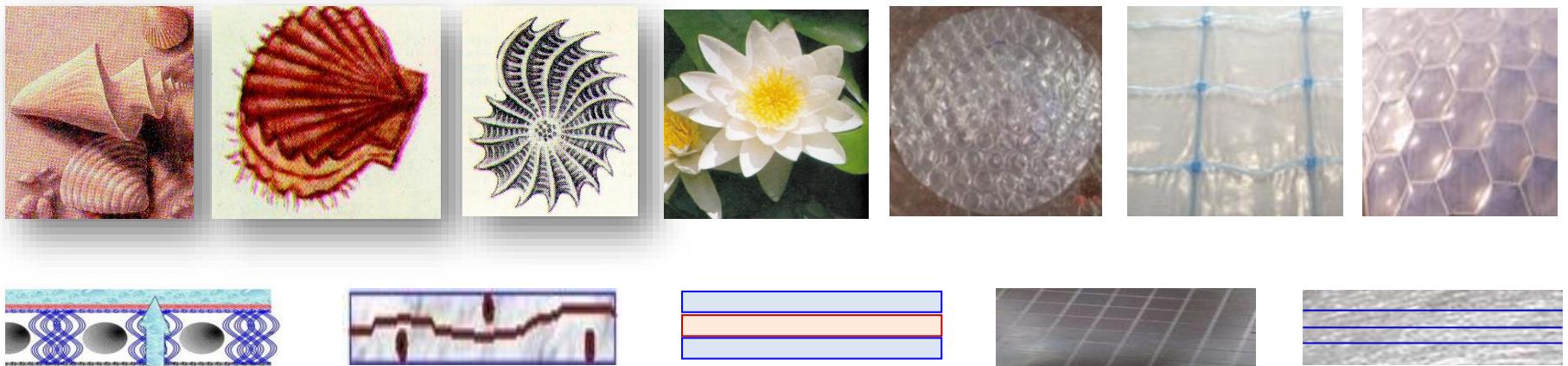
Известный архитектор Эдуардо Торроха: "*Лучшим сооружением является то, надежность которого обеспечивается главным образом за счет его формы, а не за счет прочности его материала*".

С развитием 3D печати возможности изготовления элементов конструкций сложной геометрии значительно расширяются.

Широкое распространение получают тонкослойные элементы конструкций.



Исходя из назначения и **копируя природные конструкции**, разрабатываются тонкостенные и тонкослойные конструкции сложной геометрии и сложной структуры.



Широкому распространению тонкостенных и тонкослойных элементов конструкций способствовали технологические возможности и **успешное решение научных проблем, в частности, разработка теории оболочек**.

1-й этап: 1946 -1965

В 1946 в КФТИ КФАН СССР образован Сектор механики, который возглавил Х.М. Муштари (приказ №37, §13, ФТИ КФАН СССР: 24.01.46).



2-й этап: 1965 -1987

В 1965 сектор механики преобразуется в Отдел теории оболочек (руководитель Х.М.Муштари), а лабораторию статики и динамики оболочек возглавил М.С. Корнишин (с 1970 Лаб. нелинейной теории оболочек, а с ~1980 в Лаб. нелинейной механики оболочек - НМО).



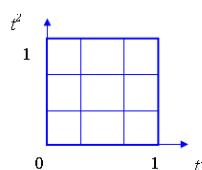
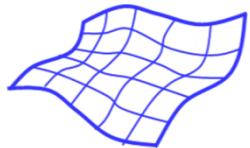
3-й этап: 1988 -2020

С 1988 по 2020 лабораторию НМО возглавлял Н.М. Якупов (приказы КФТИ КФАН СССР: №1-л от 4.01.88, §4 и №48-л от 31.03.89).



ДИАГНОСТИКА

- Сплайновый вариант МКЭ-2 (СВ МКЭ-2) – НДС оболочек сложной геометрии - синтез идеи параметризации срединной поверхности оболочки и МКЭ.



$$\bar{r} = \bar{r}(t^1, t^2)$$

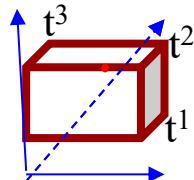
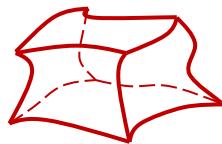
$$u = \varphi(s^1)F_u\varphi(s^2), \quad v = \varphi(s^1)F_v\varphi(s^2), \quad w = \varphi(s^1)F_w\varphi(s^2),$$

$$\delta W - \delta A = 0$$

$$[A]\{U\} = \{R\}$$

Патент
№2374697

- Сплайновый вариант МКЭ-3 (СВ МКЭ-3) – НДС трехмерных тел и оболочек сложной геометрии - синтез идеи параметризации 3-х мерного элемента и МКЭ



$$\bar{r} = \bar{r}(t^1, t^2, t^3)$$

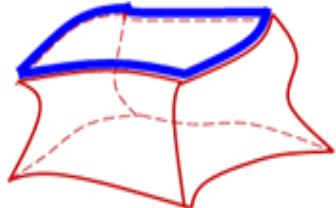
$$u = [\psi_1(s^1) \times \psi_2(s^2) \times \psi_3(s^3)] \otimes F_U, \\ v = [\psi_1(s^1) \times \psi_2(s^2) \times \psi_3(s^3)] \otimes F_V, \\ w = [\psi_1(s^1) \times \psi_2(s^2) \times \psi_3(s^3)] \otimes F_W,$$

Патент
№2665499

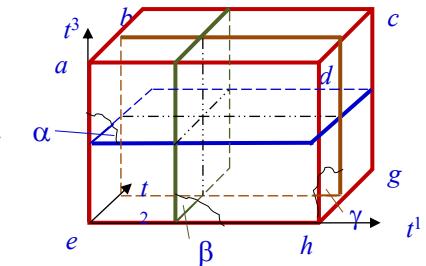
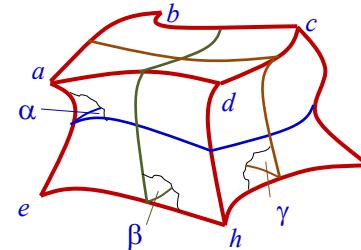
Параметризация сложной геометрии параметрами канонической области и кубическая аппроксимация искомых переменных – согласованные конечные элементы: достоверные результаты при небольшом числе КЭ.

- Yakupov N.M. // Research in Shell Theory. Seminar Proceedings, 1984, N.17, P.2, pp. 4-17.
- Kornishin M.S., Yakupov N.M. // Soviet Applied Mechanics, v.23, p.238–243, 1987. doi.org/10.1007/BF00886598
- Kornishin, M.S., Yakupov, N.M. // Soviet Applied Mechanics 25, 784-790 (1989). doi.org/10.1007/BF00887642
- Yakupov N.M., Kiyamov H.G., Yakupov S.N., Kiyamov I.H. // Mechanics of comp. mater. and struct., 2011. 1. P.145-154.
- Yakupov N.M., Kiyamov H.G., Yakupov S.N. // JOP: 2019. 1158. 042038. doi.org/10.1088/1742-6596/1158/4/042038
- Yakupov N.M., Kiyamov H.G., Mukhamedova I.Z. // LJM, 2020. 41, 1310-1314. doi.org/10.1134/S1995080220070434
- Якупов Н.М., Якупов С.Н. // СМИКС, 2021. 17.6. С.576-587. doi.org/10.22363/1815-5235-2021-17-6-576-587
- N.M. Yakupov, H.G. Kiyamov, I.Z. Mukhamedova // LJM, 2022. 43. 5. С.1218-1223. doi.org/10.1134/S1995080222080364

- Синтез СВ МКЭ-2 + СВ МКЭ-3

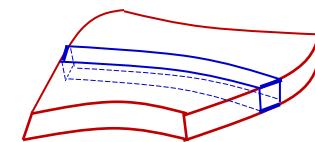
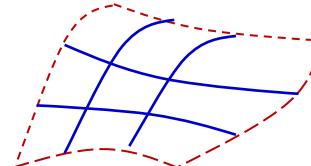
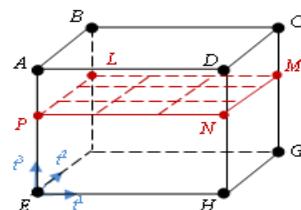
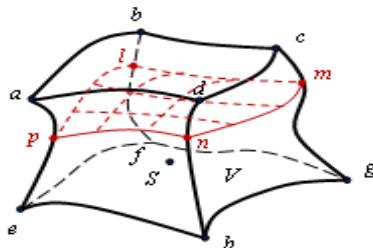


Синтез 2-х и 3-х
мерных КЭ

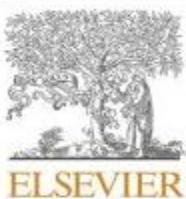


Элемент сложной геометрии с тонкими слоями α , β и γ по всем трем направлениям

- Расчет НДС армированных элементов конструкций сложной геометрии



- Yakupov S.N., Kiyamov H.G., Yakupov N.M. // **LJM**, 2021. V.42, 9, pp.2263-2271. doi.org/10.1134/S1995080221090316
- Yakupov S.N., Kiyamov H.G., Yakupov N.M.// **LJM** 44, 1820-1825, 2023. doi.org/10.1134/S1995080223050578
- Н.М. Якупов. // **XIII съезд**: Механика деформируемого твердого тела. Санкт-Петербург: 2023. Том 3, С.1247-1249.
- Yakupov S.N., Kiyamov H.G., Yakupov N.M., Mukhamedova I.Z. // **Case Studies in Construction Materials**. V.19, 2023, e02360. doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02360



Contents lists available at ScienceDirect

Case Studies in Construction Materials

journal homepage: www.elsevier.com/locate/cscm

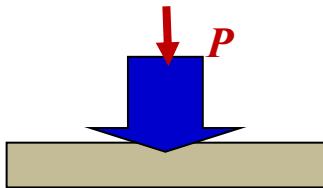
2023

Важные научные
достижения в 2024 году
– ФИЦ КазНЦ РАН

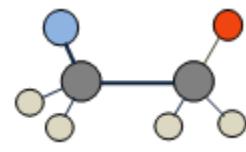
Структура элементов конструкций



Подходы определения механических свойств



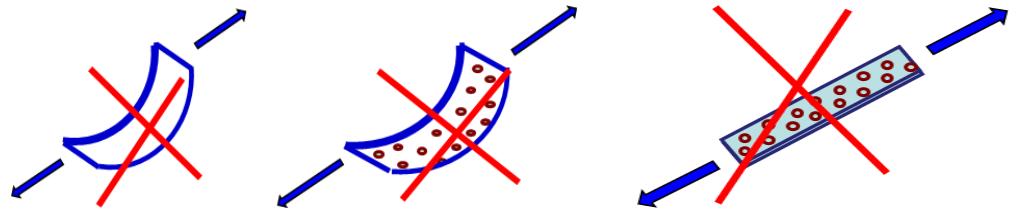
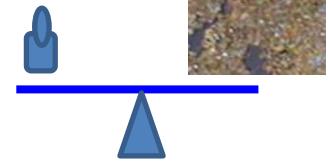
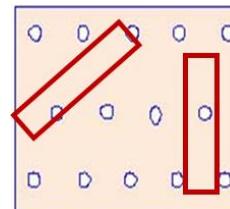
Инденторный метод



Молекулярный подход



Одноосное испытание

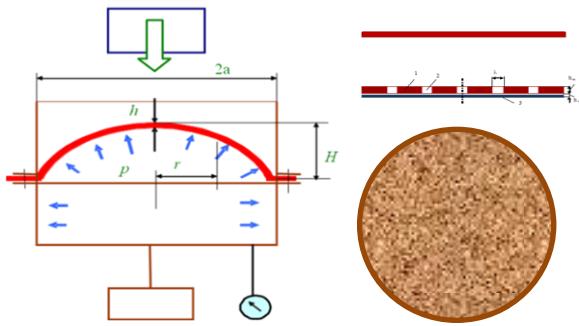


Стандартный способ неприемлем

Гравиметрический способ (коррозия) – не определяет изменение механических свойств

- Yakupov S.N., Yakupov N.M. Thin-layer films and coatings // **Journal of Physics: Conference series** 857 (2017) 012056.
- Якупов Н.М., Якупов С.Н. // **Строительная механика инженерных конструкций и сооружений**: 1, 2017. С.6-14
- Якупов Н.М. Механика тонкостенных конструкций: история, диагностика, лечение. Казань: КГАСУ, 2020. 159 с.
- Yakupov S., Valiev H., Karnet Y., Shagidullina L., Yakupov N., Shumikhin T. // **AIP Conference Proceedings** 2911, 020027 (2023). <https://doi.org/10.1063/5.0163639>

- Экспериментально - теоретический метод определения механических свойств исходно плоских элементов

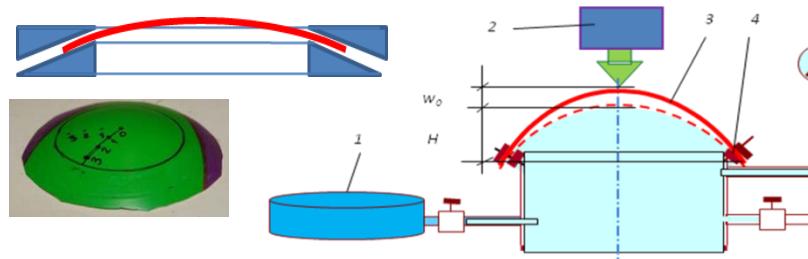


- Цифровые ИЦ-50 и лазерные индикаторы, манометры ДМ-5001;
- 2-х этапная статистическая обработка экспериментальных данных.



Отчет о деятельности Российской Академии Наук в 2006 году

Основные результаты
в области естественных,
технических, гуманитарных
и общественных наук



2010 Отчетный доклад Президиума Российской академии наук «Научные достижения РАН в 2009 году». М.: Наука, 2010. С.137.

Акты использ.: ОАО Газпром трансгаз Казань, Нижнекамскнефтехим

- Галимов Н.К., Якупов Н.М., Якупов С.Н. // Механика твердого тела №3, 2011. С.58-66.
- Якупов Н.М., Якупов С.Н. // Строительная механика инженерных конструкций и сооружений, 2021. Т.17. №6. С.576-587. DOI 10.22363/1815-5235-2021-17-6-576-587
- Yakupov N. M., Kharislamova L.U. // LJM, 2019. T.40. №6. С.840-845 doi.org/10.1134/S199508021906026X .

ДИАГНОСТИКА

$$H_{(r=0)} = f(p)$$

$$E = \frac{Npa(1-\nu^2)}{h} \left(\frac{a}{H} \right)^3$$

$$E = \frac{3(1-\nu^2)pa^4}{16hH(h^2 + 0.488H^2)}$$

$$E_{y_{csl}} = \frac{dA}{de_i} e_i^k + Ak \cdot e_i^{k-1}$$

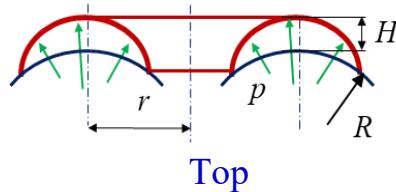
Патенты №№: 2184361,
2296976, 2310184



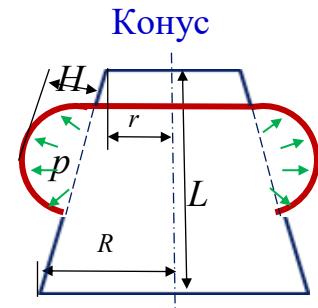
Женева

Серебряная медаль

- Экспериментально - теоретический метод определения механических свойств исходно неплоских элементов конструкций сложной структуры



Методом «пристрелки»,
варьируя E и v к
экспериментальным
параметрам купола.



«Заводская лаборатория. Диагностика материалов». 2019. Том 85. № 2

55

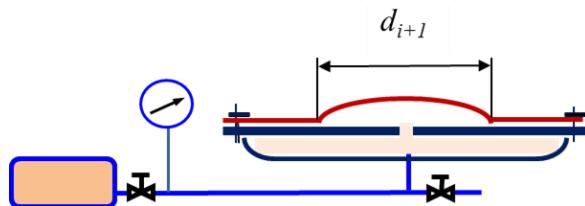
DOI: 10.26896/1028-6861-2019-85-2-55-59

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ НЕПЛОСКИХ ПЛЕНОК И МЕМБРАН СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ

© Нуҳ Махмудович Якупов, Наиль Курбанович Галимов,
Самат Нуҳович Якупов¹

Важные научные
достижения в 2020 году –
ФИЦ КазНЦ РАН

- Экспериментально - теоретический метод оценки адгезии жесткого покрытия к плоскому элементу



$$\sigma = -\frac{\sigma_m}{(d_{i+1} - d_i)^4} r^4 + \sigma_m$$

$$F_i = F_k,$$

Патент №2421707

Замер диаметра основания купола
в процессе отслаивания покрытия.

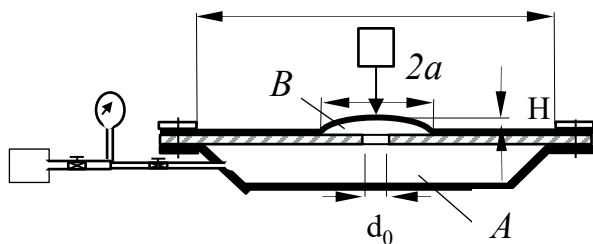


Разработка награждена Бронзовой медалью «АРХИМЕД - 2012»

- Якупов Н.М., Галимов Н.К., Якупов С.Н. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, 2019. Т.85.2. С.55-59. doi.org/10.26896/1028-6861-2019-85-2-55-59
- Yakupov S.N., Gumarov G.G., Yakupov N.M. // SMECB 19(6), 2023, p.577-582. doi.org/10.22363/1815-5235-2023-19-6-577-582

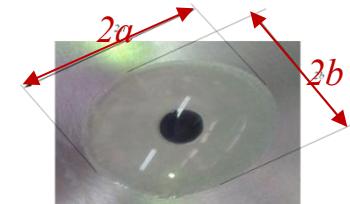
ДИАГНОСТИКА

- Экспериментально - теоретический метод оценки адгезии гибкого покрытия к плоскому элементу



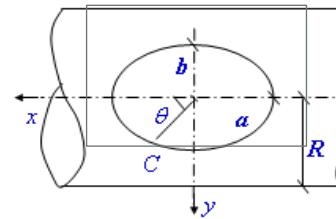
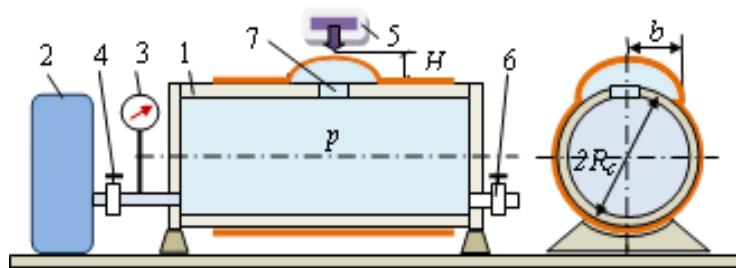
Повышается точность оценки
адгезионных свойств

Патент №2572673

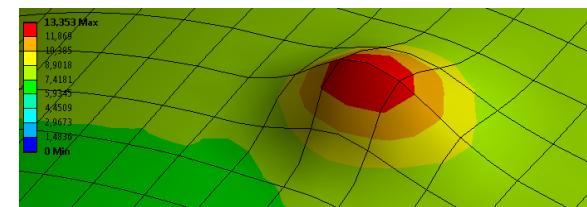


По мере нарастания давления p замеряют высоту H и диаметр $2a$ основания купола в процессе отслаивания покрытия.

- Якупов С.Н. // Известия РАН. Механика твердого тела. №5. 2017. С.137-144.
- Экспериментально - теоретический метод оценки адгезии покрытия к цилиндрическому элементу



$$\eta_{otr} = T_{otr} / S_{otr}$$



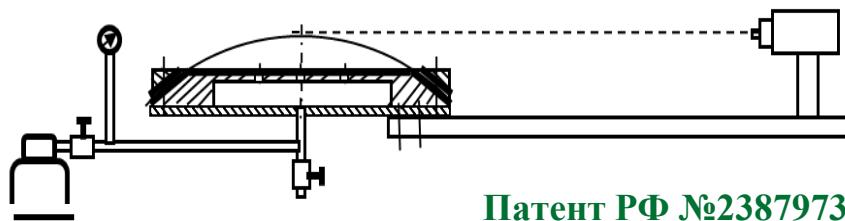
Замеры параметров купола: a , b и H на каждом шаге; Модель цилиндрического покрытия;
Методом «пристрелки» – приближаемся к параметрам экспериментального купола

Гос. корпорация "РОСТЕХ" проявила интерес к разработке «Экспериментально-теоретический метод исследования адгезии пленки к подложке»

Письмо "РОСТЕХ" от 07.08.2019 №PT14-8875

- Yakupov S.N, Gubaydullin R.I. and Yakupov N.M. // JOP: Conference series, 2019. 1158. 042039
- S.N Yakupov, R.I Gubaidullin and N.M Yakupov // J. of Physics: Confer. Series 1954 (2021) 012053

- Способ и устройство определения прочностных свойств тонких пленок и нанопленок



Патент РФ №2387973



Москва
“Архимед”
Золотая
медаль



- Способ и устройство определения свойств покрытий и нанопокрытий



Покрытие-подложка



Подложка

Из условия равенства жесткости композиции сумме жесткостей пленки и покрытия

$$E_{\text{покр}} = \frac{E_c (h_{\text{покр}} + h_{\text{подл}}) - E_{\text{подл}} h_{\text{подл}}}{h_{\text{покр}}}$$

Серебряная медаль на
«Hi-Tech - 2013», С.-Пб.



2012 П.5.4.3. Информационный сборник. Важнейшие исследования и разработки научных учреждений РАН В 2011 году, готовые к практическому применению. Технологии диагностики наноматериалов и наноустройств. М.: Наука, 2012. С.87.

Способ определения прочностных свойств покрытий и нанопокрытий включен в

2013 Информационный сборник. Важнейшие исследования и разработки научных учреждений РАН В 2008-2012 гг., готовые к практ. применению. М.: Наука, 2013. С. 87 - 88.

- Якупов С.Н. // Механика композиционных материалов и конструкций, 2010, т.16, №3. С.436-444
- Якупов С.Н., Якупов Н.М. // Сб. тр. 2-й Всероссийской конференций. Т.1, М., 2014. С.112-121
- Yakupov and N M Yakupov // Journal of Physics: 1328 (2019) 012103. doi.org/10.1088/1742-6596/1328/1/012103

- Установка и способ исследования влияние деформации поверхности плоского несущего элемента на адгезию покрытия



Установки для исследования

Схема установки: *a* – покрытие на поверхности подложки без деформаций, *b* – покрытие на растянутой поверхности подложки, *c* – покрытие на сжатой поверхности подложки

- Установка и способ исследования влияние деформации цилиндрической поверхности несущего элемента на адгезию покрытия

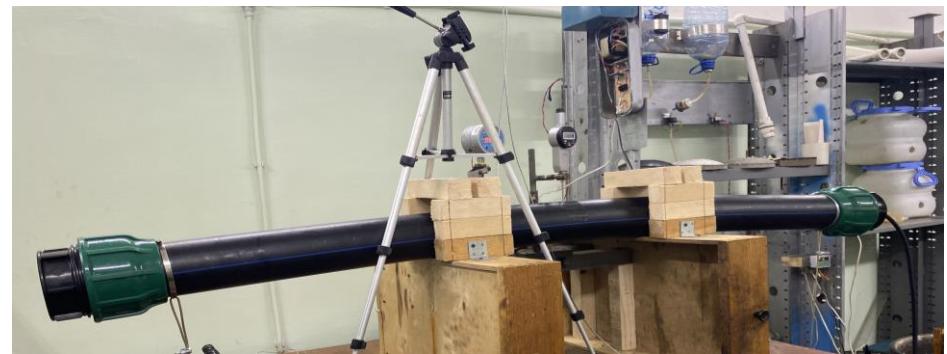
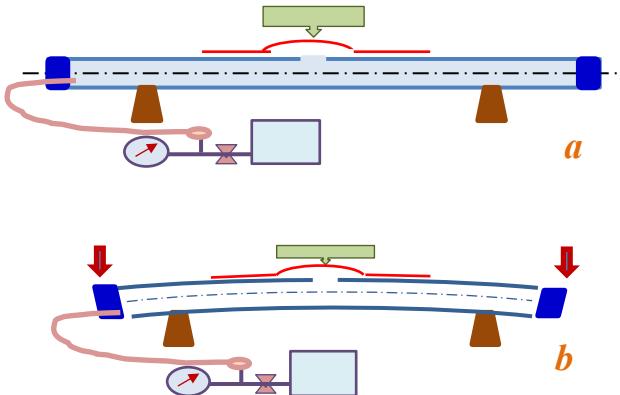


Схема: *a* – без деформаций, *b* – деформированное

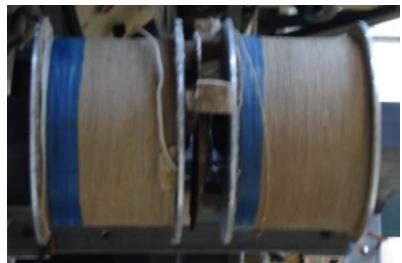
- Yakupov N.M., Yakupov S.N., Gubaydullin R.I. // JOP: 1281 (2019) 012091, doi.org/10.1088/1742-6596/1281/1/012091
- Yakupov, R.I Gubaidullin, N.M Yakupov // Journal of Physics: Conference Series 1954 (2021) 012053
- Якупов С.Н., Губайдуллин Р.И. // СМИКС, 2022. 18. № 3. С. 204 - 214. DOI 10.22363/1815-5235-2022-18-3-204-214

- Установки и способы: коррозия нагруженных элементов

ДИАГНОСТИКА



- Установки для исследования коррозии мембран под воздействием магнитного поля и механических свойств полимерных полос под температурой



2010 Разработаны установка для исследования мембран в агрессивной среде, подверженных воздействию магнитного поля;... Отчетный доклад Президиума Российской академии наук «Научные достижения РАН в 2009 году». М.: Наука, 2010. С.137.

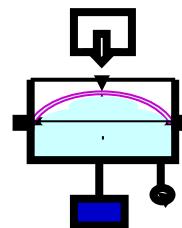
Патенты
№2296976,
№2437077

- Технология формования предохранительных мембран



Патент №1756786

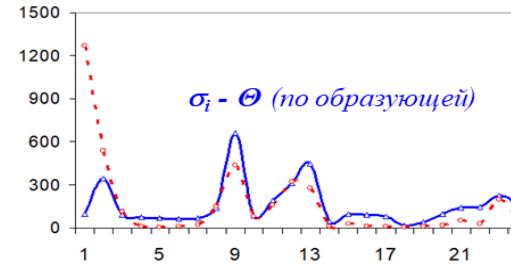
Технология передана ОАО
Нижнекамскнефтехим



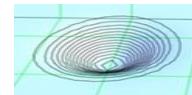
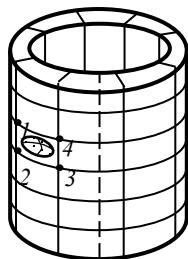
МЕХАНИКА

- НДС металлической части градирни СК-1200 (СВ МКЭ-2)

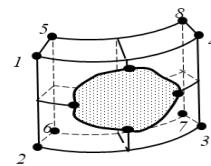
НДС с учетом дефектов



- Концентрация в области углубления в цилиндрической оболочке (СВ МКЭ -3)



$$\bar{r} = [R_{bn} + ht^1(1 - T\Psi(t^2, t^3))] \bar{e}_1(t^2) + (H_n + Lt^3) \bar{k}$$



$$\bar{e}_1(t^2) = \cos \varphi(t^2) \bar{i} + \sin \varphi(t^2) \bar{j}$$

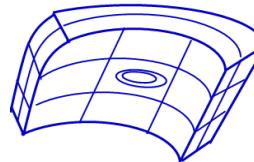
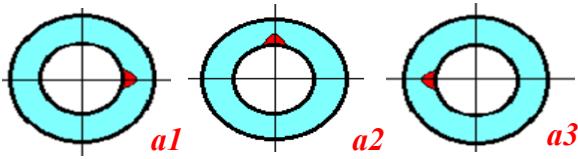
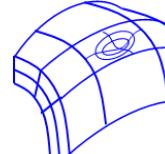
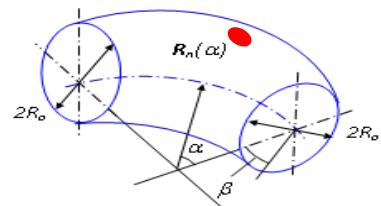
$$\Psi(t^2, t^3) = e^{-\chi}$$

Патент №2517149

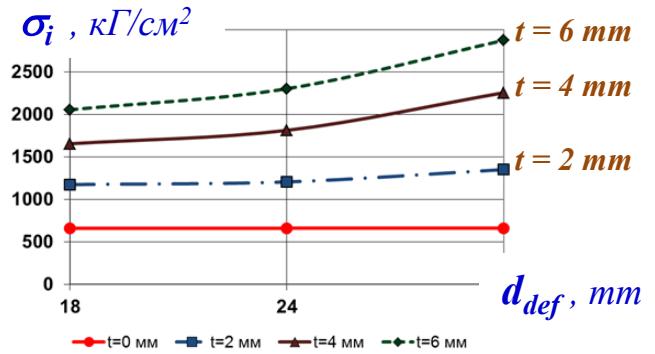
*Газпром трансгаз
Казань
Акт использования*

- Yakupov, N.M., Kiyamov, H.G. & Mukhamedova, I.Z. // LJM 44, 1813-1819, 2023. doi.org/10.1134/S1995080223050566

• Концентрация в тороидальной оболочке в области углубления (СВ МКЭ -3)



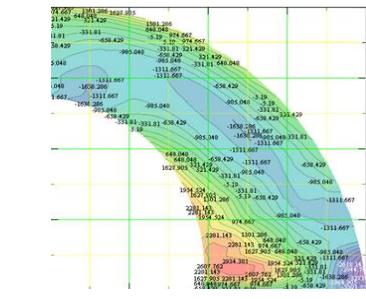
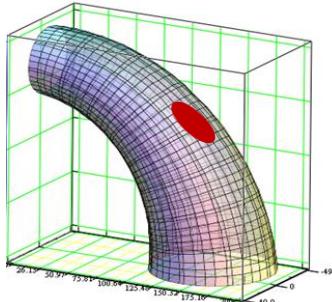
$$\bar{r} = [R_n + (R_o + z)\cos(\beta)](\cos \alpha \bar{i} + \sin \alpha \bar{j}) + (R_o + hz)\sin(\beta) \bar{k},$$



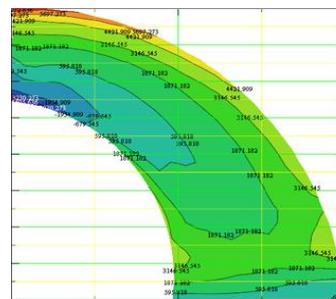
Углубления на наружной и внутренней поверхности

- Yakupov N.M., Kiyamov H.G., Mukhamedova I.Z. // **Lobachevskii J Math** 41, 1310-1314 (2020)
- Yakupov N.M., Kiyamov H.G., Mukhamedova I.Z. // **Lobachevskii J Math** 42, 2257-2262 (2021)
- Yakupov N., Kiyamov Kh... // STCCE - 2021 274, 03032 (2021), 7 p. doi.org/10.1051/e3sconf/202127403032

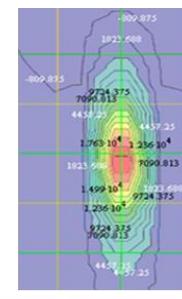
• Концентрация в циклической оболочки в области углубления (СВ МКЭ -3)



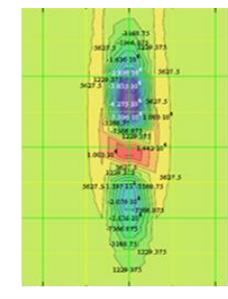
σ_{33} ($\text{кг}/\text{см}^2$) вблизи
наруж. поверхности



σ_{22} ($\text{кг}/\text{см}^2$) вблизи
наруж. поверхности



σ_{22} ($\text{кг}/\text{см}^2$) внутр.
поверхность

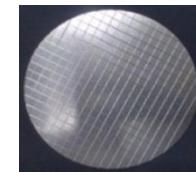
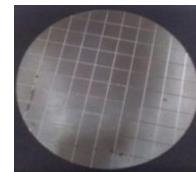
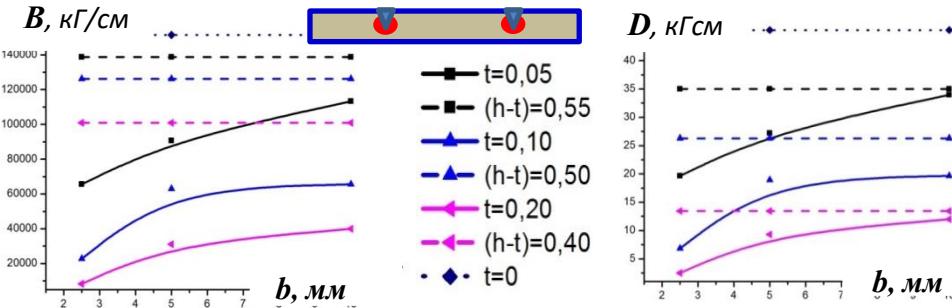


σ_{22} ($\text{кг}/\text{см}^2$) наруж.
поверхность

- N.M Yakupov, H.G. Kiyamov and S.N. Yakupov // **J. of Physics: Conf. series** 1158 042038 (2019)

- Жесткостные свойства элементов с системой царапин

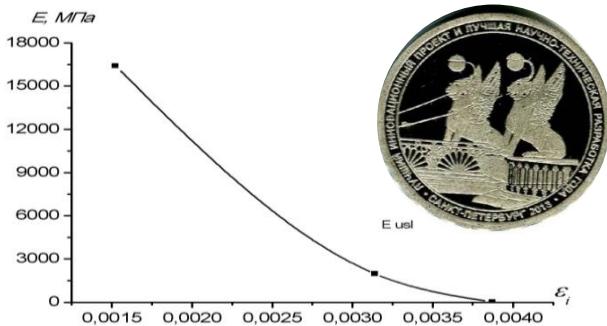
МЕХАНИКА



Важные научные достижения в
2019 – ФИЦ КазНЦ РАН

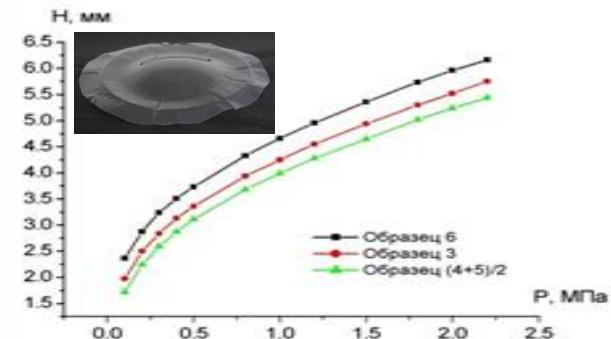
- Yakupov S.N. // Lobachevskii Journal of Mathematics, 2019, Vol. 40, No. 6, pp. 834-839.
- Якупов С.Н. // XII съезд. Т.3: Механика деформируемого твердого тела. Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. С.1286-1287.
- Якупов С.Н., Якупов Н.М. // Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2014 (CD-ROM) (РИНЦ). (24 name.html).
- Якупов С.Н., Якупов Н.М. // Механич. свойства современных конструкц. материалов, М., 2014: ИМЕТ. С.343-345.

- Механические свойства композиции: пленка с нанопокрытием



Образец №6 «подложка»

Образ. «покрытие-подложка»
№3 – покрытие 50 нм,
№№4, 5 – покрытие 150 нм

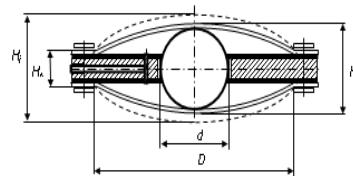
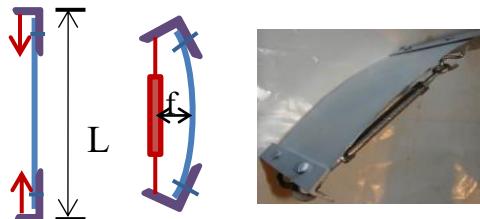


Дипломом II Степени, Серебряная медаль: XIX Межд. выставка «Hi-Tech-2013», г. Санкт-Петербург

- Якупов С.Н. // Механика композиционных материалов и конструкций, 2010, т.16, №3. С.436-444
- Якупов С.Н., Якупов Н.М. // Сб. тр. 2-й Всероссийской конференций. Т.1, М., 2014. С.112-121

- Влияние НДС поверхности на коррозию

МЕХАНИКА



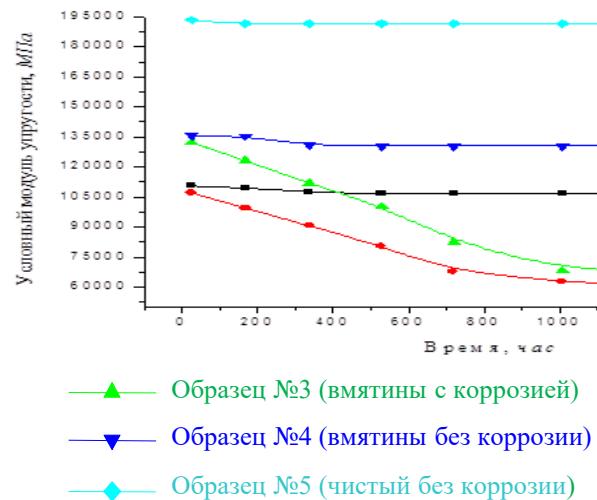
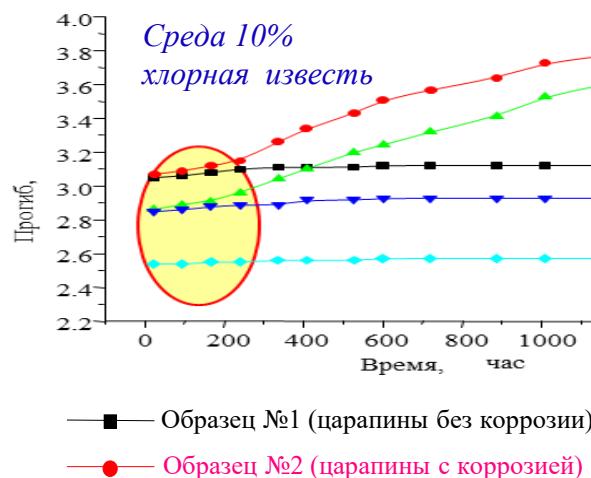
Патенты №№: 2439537, 2437077

$$\delta_e(\phi) = \delta(\phi) \cdot (1 \mp v \cdot e_i \mp k_e \cdot e_i^2) \cdot (1 - k_y)$$

Коррозия на растянутых поверхностях идет быстрее, чем на сжатых; с ростом σ возрастает

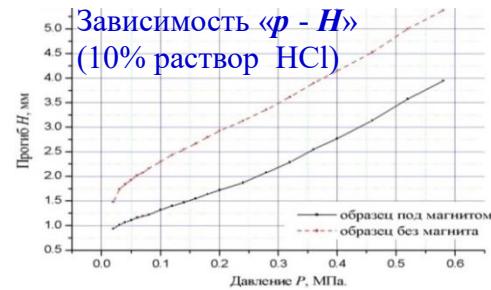
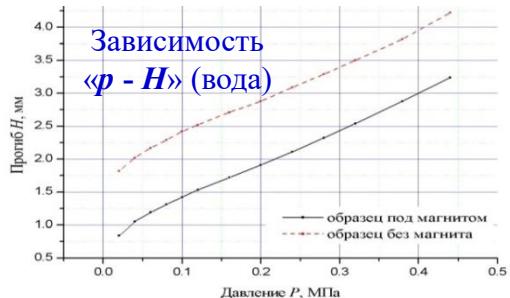
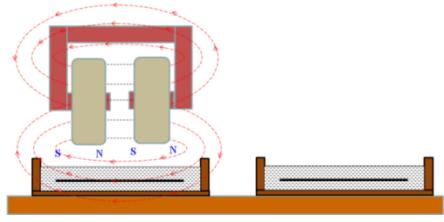
- Сидоренко С.Н., Якупов Н.М. Коррозия – союзник аварий и катастроф. М.: Изд-во РУДН, 2002.93 с.
- Якупов Н.М., Гинятуллин Р.Р., Якупов С.Н. Влияние характера деформирования поверхности элементов конструкции на коррозионный износ // Проблемы прочности. 2012. №2. С.76-84

- Влияние царапин и вмятин на коррозионный износ



Наличие царапин и вмятин снижает E , происходит уменьшение свойств элементов.

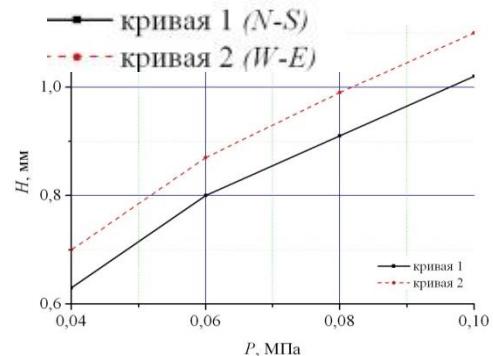
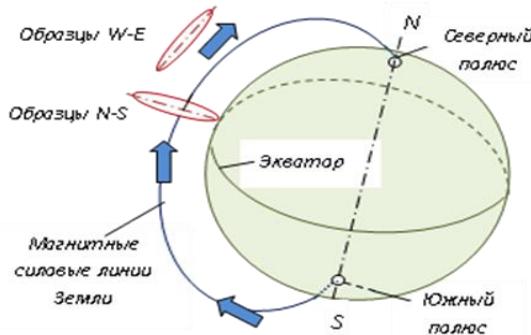
• Влияние магнитного поля на коррозию



Коррозия в водной и кислой средах без магнитного поля выше, чем образцов в агрессивной среде под воздействием магнитного поля.

- Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. // ДАН. 2012. Т.443. №2. С.173-175
- Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. // D. Physics. 2012. V.57. 3, p.104-106
- Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. // Proceedings 19 European Conference on Fracture. Kazan, 2012. Р.6.

• Влияние направления силовых линий магнитного поля Земли на коррозию



Большой коррозии подвержены образцы – поверхности параллельные силовым линиям

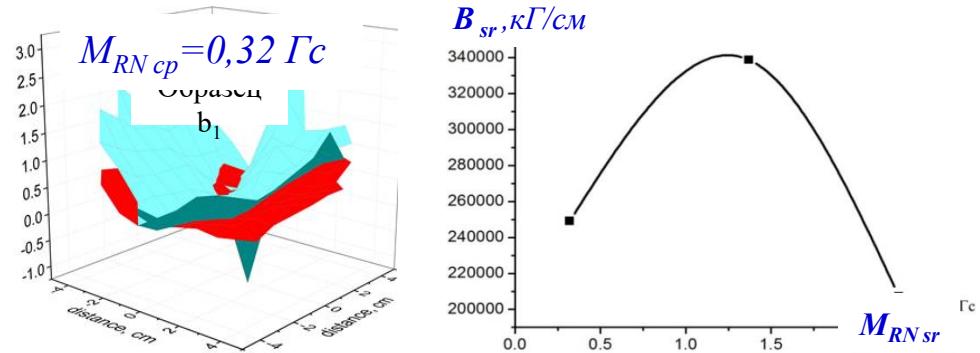
- Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. // ДАН, 2015. Т.463, №6. С.684-686
- Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. // Doklady Physical Chemistry, 2015, V.463, P. 2, pp.188-190
- Yakupov S.N., Gumarov G.G., Yakupov N.M. // JOP: Earth and Environmental Science 288 (2019) 012034.
doi.org/10.1134/S0012501615080072

МЕХАНИКА

Важные научные
достижения в 2017 г.
– ФИЦ КазНЦ РАН

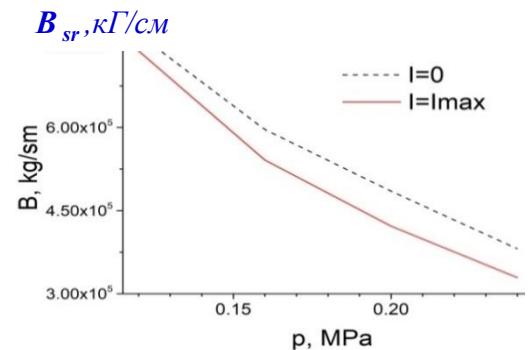
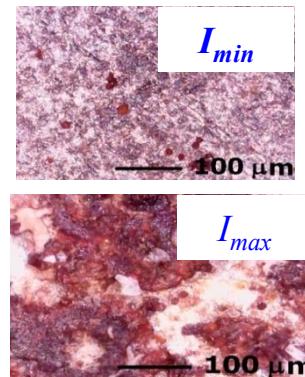
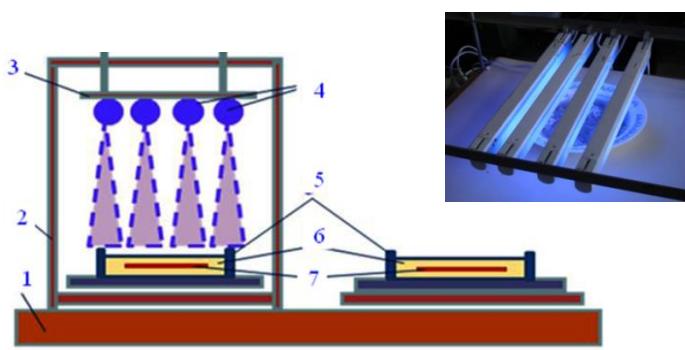
• Влияние остаточной намагниченности на коррозию стальных образцов

Нормальные компоненты остаточной намагниченности:
 $M_{RN\ cp}=0,32\text{ Гс}$; $M_{RN\ cp}=1,37\text{ Гс}$; $M_{RN\ cp}=2,25\text{ Гс}$
(в течение 7 месяцев).



Жесткость образцов до намагниченности
 $M_{RN} = 1,37\text{ Гс}$ растет, затем падает.

- Якупов С.Н., Кантюков Р.Р., Гумаров Г.Г., Якупов Н.М. // ДАН.2024.Т.514.№1.С.49-52
- Влияние ультрафиолетового излучения на коррозионный износ

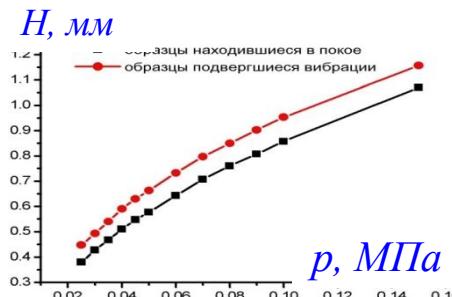


Непрерывное воздействие УФ ускоряет коррозию углеродистой стали.

- Якупов Н.М., Гиниятулин Р.Р., Якупов С.Н. // ДАН, 2012, том 446, №6, с.624-626.
- Коррозия материалов в жидкостно-пузырьковой среде

Патент № 2403556

- Влияние вибрации на коррозию

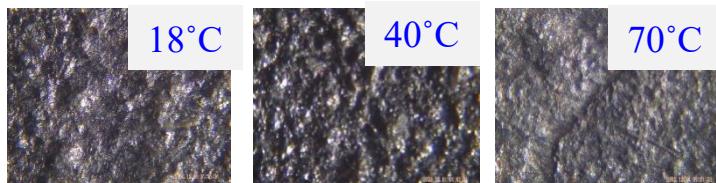


Важные научные
достижения в 2018 г.
– ФИЦ КазНЦ РАН

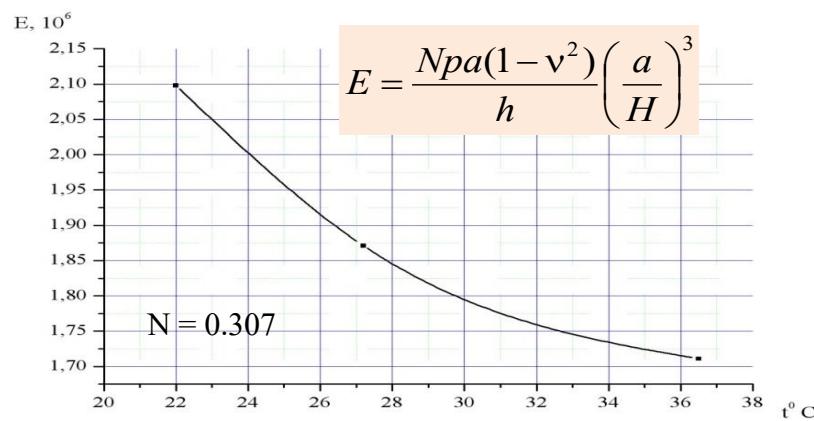
- Якупов Н.М., Якупов С.Н. // Доклады академии наук, 2018. Т.479, №6. С.626-628.
- N.M. Yakupov and S.N. Yakupov // Doklady Physics, 2018, Vol. 63, No.4, pp.147-149.

- Влияние температуры на коррозию стальных образцов

Вода	$T_1 = 18^\circ$	$T_2 = 40^\circ$	$T_3 = 70^\circ$
$t_{кор}$, мм	0.576	0.563	0.526



С ростом температуры коррозия растёт



Модуль упругости образца E ($\text{кг}/\text{см}^2$)
от $T^\circ\text{C}$ (соляная кислота)

- Р.Р. Гиниятуллин, Н.М. Якупов // XIII съезд: МДТТ. С.-Пб.: 2023. Т.3, С.540-542.

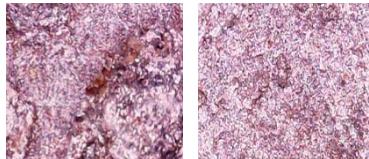
• Влияние ионного легирования стальных образцов на коррозию

МЕХАНИКА

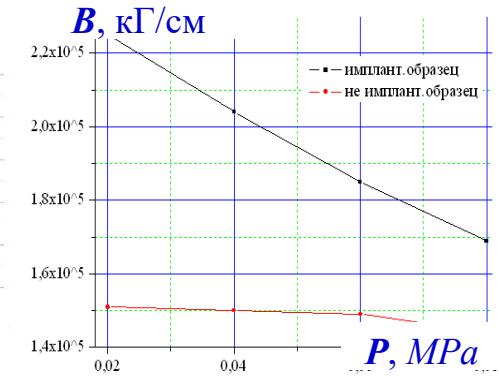
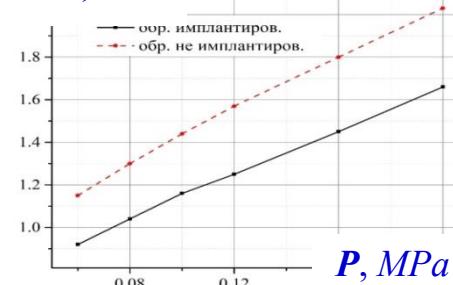
До и после в среде (96 ч)



Не имплантир., имплантир.



H , mm



Легирование снижает коррозию от 1,2 до 1,6 раза; с увеличением времени агрессивной в среде эффект падает

- Giniyatullin R.R., Yakupov N.M. // *JOP: Conference Series: Materials Science and Engineering*, 2020. 012038, T.934. 6 c. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/934/1/012038>
- Giniyatullin R.R., Yakupov N.M., Kuznetsov V.G. // *Materials Physics and Mechanics* No.51(7), 2023, pp.117-123. doi.org/10.18149/MPM.5172023_10.

Цикл: Коррозионный износ конструкций и устройства их усиления награждены:



*C.-Пб. Золотая
медаль*



*Газпром трансгаз Казань
Акт использования*



АКТ
использования разработки

В соответствии с договором №472-11-П от 01.04.2011 под руководством д.т.н., проф. Якупова Н.М. для ООО «Газпром трансгаз Казань» выполнена комплексная работа, в рамках которой были, в частности, к.т.н., с.н.с. Якуповым С.Н. и н.с. Гиннитуллином Р.Р. разработан экспериментально-теоретический подход исследования коррозионного износа образцов под напряжением.

Разработчиками предложены способы и устройства для исследования, получены конкретные результаты коррозионного износа образцов при различных напряжениях на поверхности образцов, даны рекомендации. Установлено, в частности, что в зоне очага коррозии происходит изменение не только геометрических, но и механических характеристик материала на глубину, зависящей от параметров задачи.

Предложенные рекомендации используются в ООО «Газпром трансгаз Казань» для оценки опасности дефектов на участках трубопроводов, что способствует обеспечению их надежной и безопасной работы.



Начальник технического отдела *[Signature]* Тамеев И.М.

28.05.2015.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И ЛЕЧЕНИЕ

- Трубопроводная система реакторного блока ИФ-8 на заводе ИМ-2 ОАО Нижнекамскнефтехим

Задача: Предотвратить разрушение системы трубопровода, (работа от -20°C до $+700^{\circ}\text{C}$ (без изменения конфигурации)).

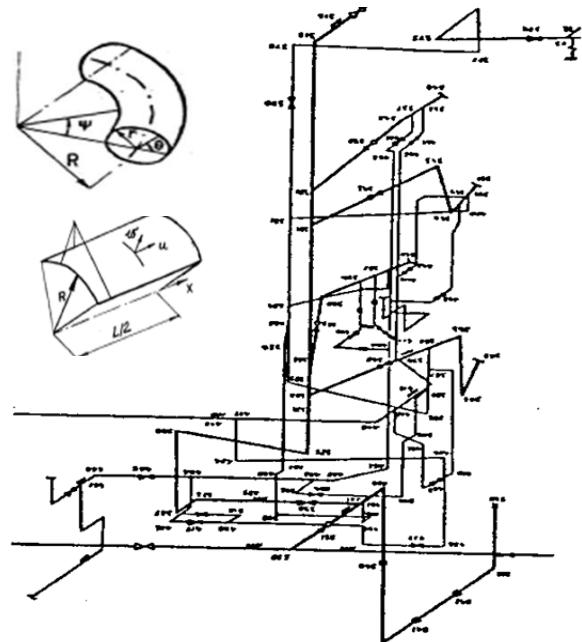
СВ МКЭ-2 исследованы НДС фрагментов оболочек со сложными контурами под действием T° и P давления.

- Установка дополнительных компенсаторов и опор (уменьшение изгибающих моментов).
- Корректировка технологии включения в работу (снижение градиента температуры).



об использовании результатов расчета системы трубопроводов
парокислотной смеси с установки ИФ-8

ОАО
Нижнекамскнефтехим
Акт использования
"Нижнекамскнефтехим" от 26
января 1990 г. между лабораторией механики оболочек
и Центрального института КНЦ АН СССР произведен
расчет трубопроводов реакторных блоков РЗ-1, РЗ-2,
РЗ-3 с установки ИФ-8 (ответственные исполнители: Якупов,
Мальхов, Сайфуллин). Определено напряженно-деформированное
состояние исходного варианта. Путем просчета различных вариантов
конструкции найден рациональный проект системы, позволивший
существенно снизить уровень напряжений.



ОАО
Нижнекамскнефтехим
Акт использования

УТВЕРЖДАЮ
Гл. инженер
ПО "Нижнекамскнефтехим"
Ворожейкин А.П.
"18" 01 1990 г.

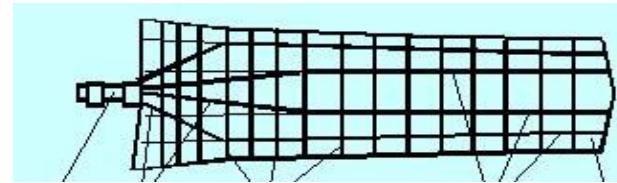
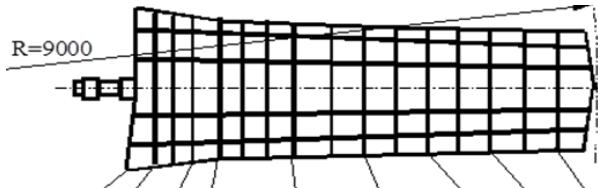
А К Т
об использовании результатов расчета системы
трубопроводов

Настоящим актом подтверждаем, что при выполнении хоздоговора № 10 от 15 января 1990 г. между ЮТИ КНЦ АН СССР и ПО "Нижнекамскнефтехим" в Казанском физико-техническом институте под руководством зав. лаб. НМО, с.н.с. Якупова Н.М. выполнен расчет сложной разветвленной системы трубопроводов, находящихся под воздействием температурной нагрузки. Общая система с целью поиска рациональной конструкции была расчитана по стержневой модели. Задача определения напряженно-деформированного состояния отдельных элементов трубопровода по оболочечной теории была решена с использованием сплайнового варианта метода конечных элементов.

• Новый вариант лопасти вентилятора

Патент №2101640

Покупали в Германии и Голландии

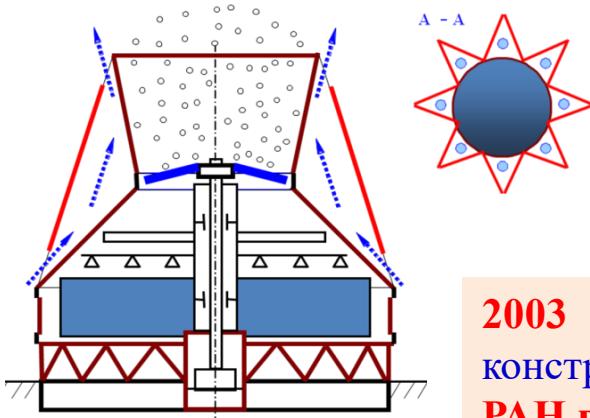


Новый вариант лопасти – увеличение прочности при снижении веса



2000 Новая конструкция лопасти вентилятора градирен. **Отчет о деятельности РАН в 1999 году. Основные исследования и разработки научных учреждений РАН, готовые к практическому применению.** М.: Наука, 2000. С. 30.

• Новая конструктивно - силовая схема конструкций вентиляторных градирен



Патент №2186182

- Устранение недостатков
- Снижение веса конструкции
- Увеличение срока службы

2003 Новая конструктивно-силовая схема строительных конструкций вентиляторных градирен. **Отчет о деятельности РАН в 2002 году. Важнейшие итоги.** М.: Наука, 2003. С. 31.

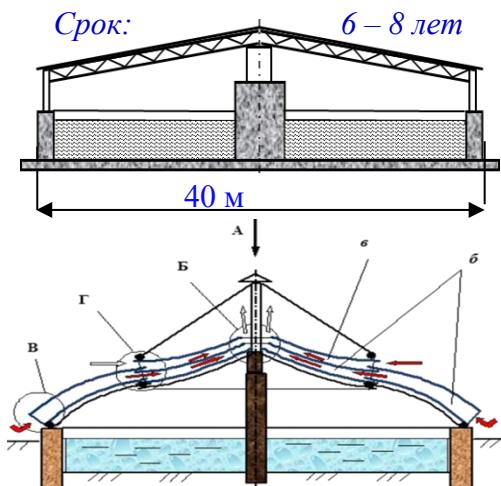


2003 Новая конструктивно-силовая схема строительных конструкций вентиляторных градирен. **Отчет о деятельности РАН в 2002 году. Основные исследования и разработки, готовые к практическому применению.** М.: Наука, 2003. п.3.16. С.24-25.

ЛЕЧЕНИЕ

ЛЕЧЕНИЕ

- Эко-покрытие с конструктивной противокоррозионной защитой



- каналы (вентиляция)
- фольга (изоляцию)



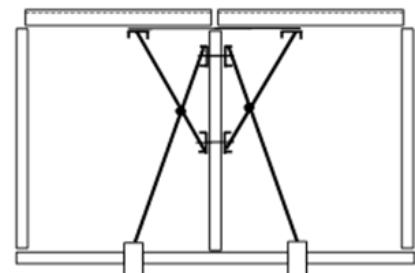
Патент №2345198



- Опорная система для усиления строительных сооружений (отстойник)



Износ панелей; панели отклонились от вертикали



Патент РФ №2263191



Коллектив разработчиков

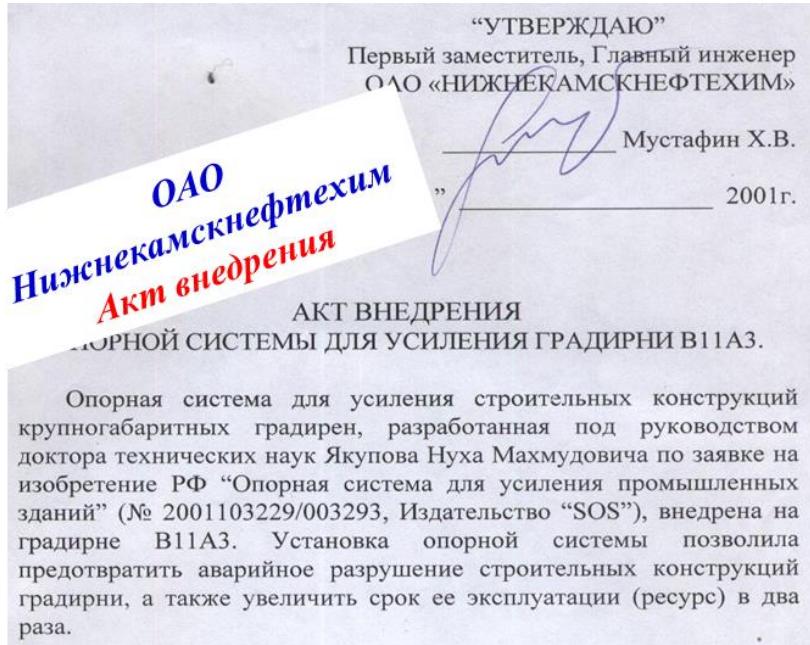
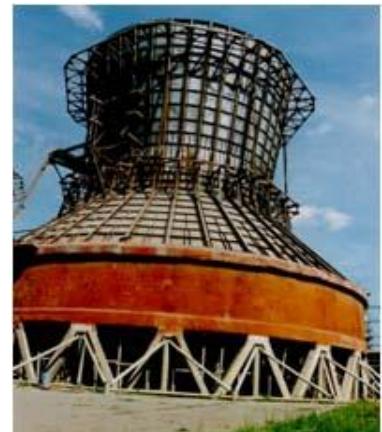
Опорные системы для предотвращения разрушения сооружений

ЛЕЧЕНИЕ

- **Опорная система для усиления крупногабаритных градирен**



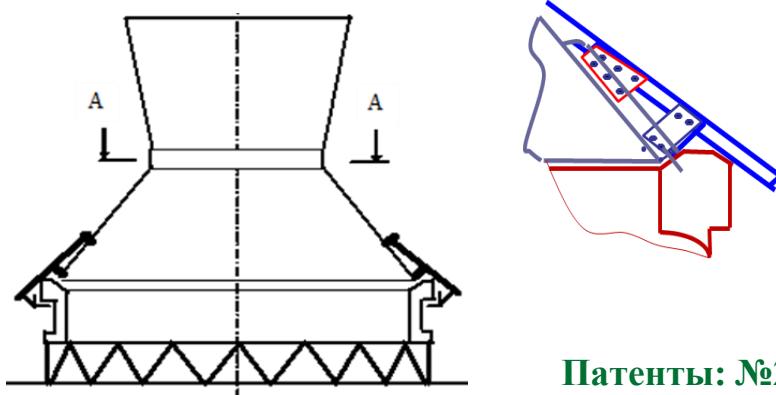
Патент РФ
№2196209



2002 Опорная система для усиления крупногабаритных градирен. Отчет о деятельности РАН в 2001 году. Важнейшие итоги. М.: Наука, 2002. С.28.

2002 Опорная система для усиления крупногабаритных градирен. Отчет о деятельности РАН в 2001 году. Основные исследования и разработки научных учреждений РАН, готовые к практическому применению. П. 2.2.16. М.: Наука, 2002. С.24-25.

- Усиление конструкции градирни СК-1200



Устройства для усиления
опоры конфузора

Патенты: №2239033 №2326218, №2343256

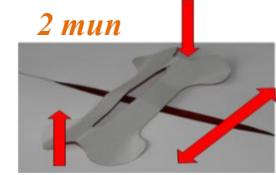
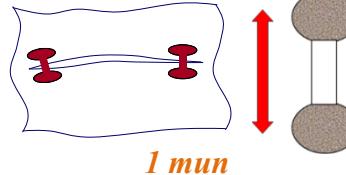
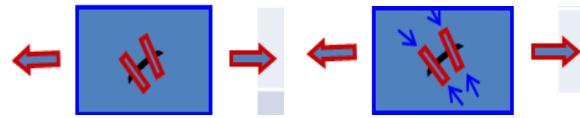
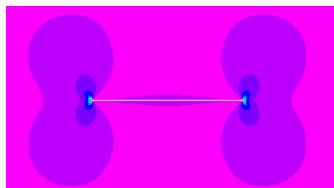


2005 Предотвращение разрушения промышленных сооружений и снижение загрязнения ими окружающей среды. **Отчет о деятельности РАН в 2004 году. Важнейшие итоги.** М.: Наука, 2005.

2005 Предотвращение разрушения промышленных сооружений и снижение загрязнения ими окружающей среды. **Отчет о деятельности РАН в 2004 году. Основные исследования и разработки, готовые к практическому применению.** М.: Наука, 2005, С.31.

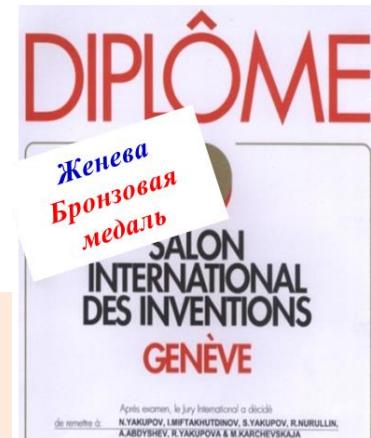
- Ремонта дефектных участков локальными накладками

ЛЕЧЕНИЕ

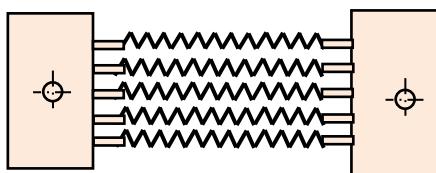


Патенты: №2310791, №2380585

Информационный сборник "Важнейшие исследования и разработки научных учреждений РАН в 2011 году, готовые к практическому применению" М., 2012. С.87.

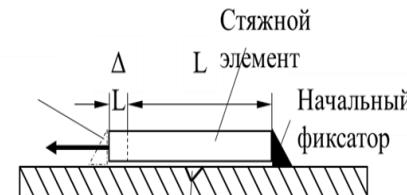


Информ. сборник. Важнейшие исследования и разработки научных учреждений РАН в 2008-2012 гг., готовые к практическому применению. М.: 2013. С.86-87.



Патенты
№2500512,
№2519386

Конечный
фиксатор



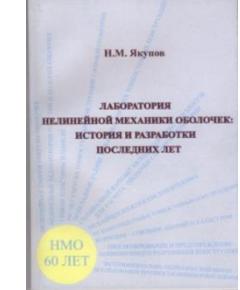
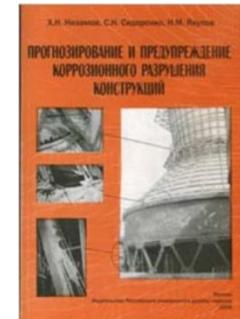
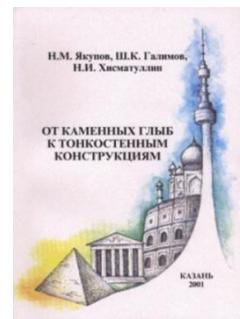
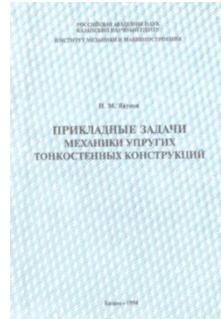
Для ООО Газпром трансгаз Казань; используются там



РЕЗЮМЕ

- Выполнены восьми проектов в рамках Программ фундаментальных исследований Президиума РАН и Отделения ОЭММПУ РАН (2003-2017) (помимо госбюджета)
- Выполнены прикладные исследования для нефтехимического гиганта ОАО НКНХ в 1989-2008; дочерней компании энергетической компании «Газпром» – «Газпром трансгаз Казань» в 2011-2012, 2016; для НИИ «Турбокомпрессор» (1989) и др. организаций (имеются Акты внедрения)
- Разработки отмечены в 16-ти Отчетах РАН
- Разработки отмечены в 5-ти Отчетах ФИЦ КазНЦ РАН
- Разработки награждены 15 медалями Международных Салонов и Выставок (Брюссель, Женева, Москва, Санкт-Петербург)
- Разработки награждены Дипломами Федерального института промышленной собственности , Кабинета министров РТ, Академии наук РТ
- Более 250 публикаций, из них 9 монографий, 3 уч. пособия, 36 патента на изобретение, методические указания (Госстандарт).
- Сделаны 18 Пленарных докладов (с 2003)

В 1993 - 2020 гг. опубликованы монографии и учебные пособия:



15 медалей Международных Салонов и Выставок :





Ак. Морозов Н.Ф. 2004



Ак. Козлов В.В. 2004



Ак. Матвиенко В.П. 2005



Ак. Липанов А.М., чл.-корр. Филиппов В.В. 2005



Ак. Черноусько Ф.Л. 2007



Ак. Ганиев Р.Ф. 2008



Ак. Горячева И.Г. 2012



Ак. Некипелов А.Д. и
Ак. Коновалов А.И. 2005



Ак. Нигматуллин Р.И. и
Ак. Месяц Г.А. 2015



Ак. РАН Климов Д.М. 2015

ЛАУРЕАТ Московского салона Архимед, 2011



Памятные Знаки: «50 лет ОИР РТ» и «Отличник изобретательства»



Мемориальная доска в КФТИ



Улица Х.М. Муштари, г. Казань



2002 год



*Знак
отличия*



2025 год



Спасибо за внимание !