

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"*.

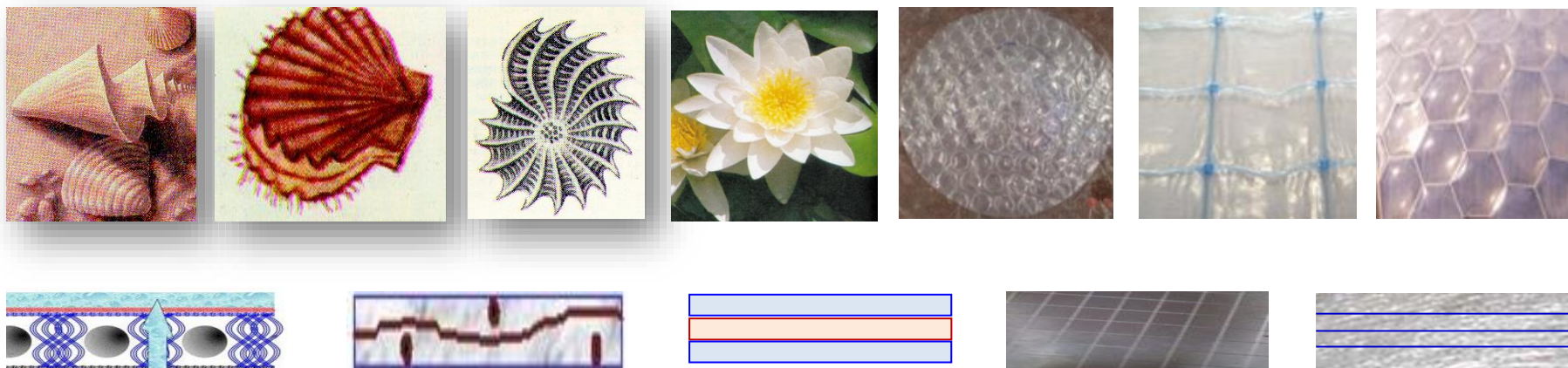
С развитием 3D печати возможности изготовления элементов конструкций сложной геометрии значительно расширяются.



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).



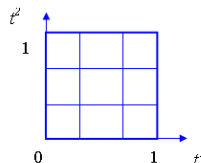
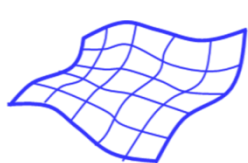
3-й этап: 1988 -2020

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.



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

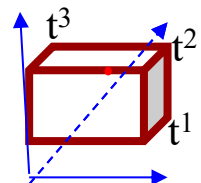
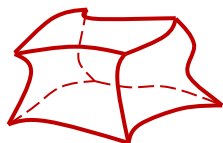
$$u = \varphi(s^1)F_u\varphi(s^2), \quad v = \varphi(s^1)F_v\varphi(s^2), \quad w = \varphi(s^1)F_w\varphi(s^2),$$

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

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

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



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

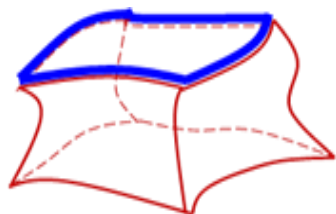
$$u = [\psi_1(s^1) \times \psi_2(s^2) \times \psi_3(s^3)] \otimes F_U, \\ v = [\psi_1(s^1) \times \psi_2(s^2) \times \psi_3(s^3)] \otimes F_V, \\ w = [\psi_1(s^1) \times \psi_2(s^2) \times \psi_3(s^3)] \otimes F_W,$$

Патент
№2665499

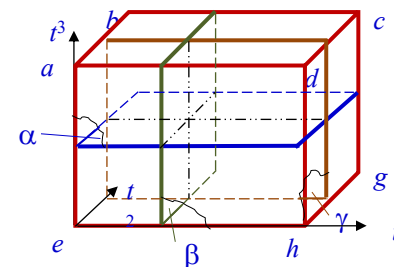
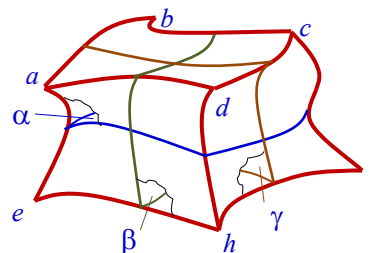
Параметризация сложной геометрии параметрами канонической области и кубическая аппроксимация искомых переменных – согласованные конечные элементы: достоверные результаты при небольшом числе КЭ.

- 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
- Yakupov N.M., Kiyamov H.G., Mukhamedova I.Z. // **LJM**, 2022. 43. 5. С.1218-1223. doi.org/10.1134/S1995080222080364

• Синтез СВ МКЭ-2 + СВ МКЭ-3

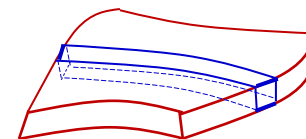
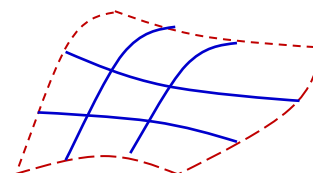
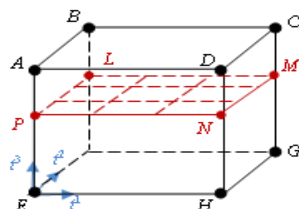
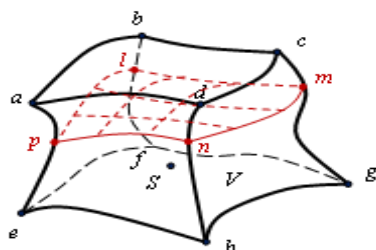


Синтез 2-х и 3-х мерных КЭ



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

2023

Case Studies in Construction Materials

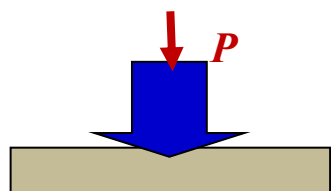
journal homepage: www.elsevier.com/locate/cscm

Важные научные
достижения в 2024 году
– ФИЦ КазНЦ РАН

Структура элементов конструкций



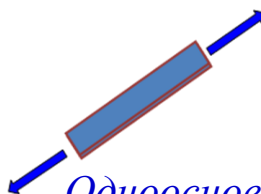
Подходы определения механических свойств



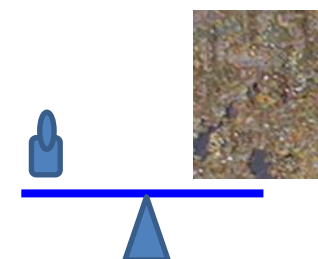
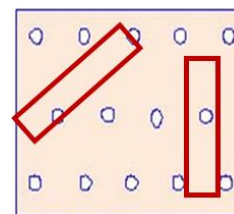
Инденторный метод



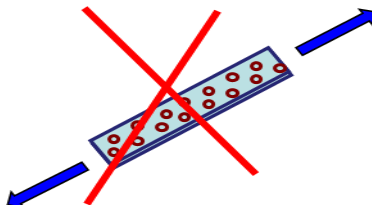
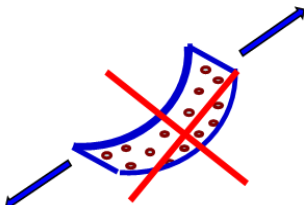
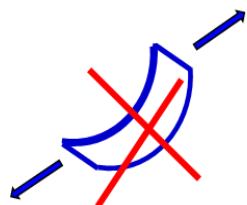
Молекулярный подход



Одноосное испытание



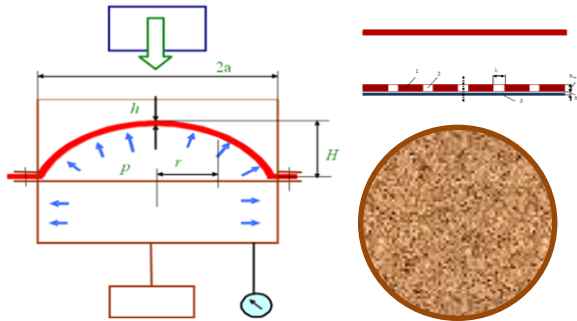
Гравиметрический способ (коррозия) – не определяет изменение механических свойств



Стандартный способ неприемлем

- 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**



ДИАГНОСТИКА

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

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

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

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

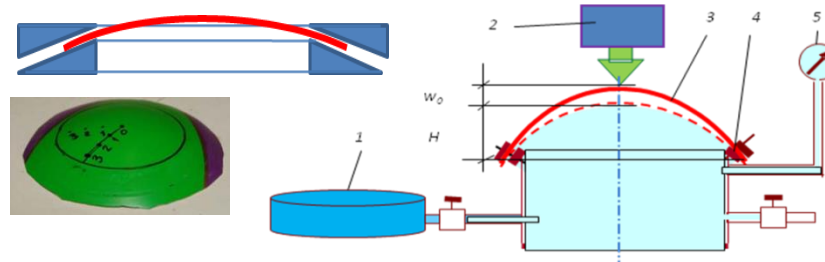
- Цифровые ИЦ-50 и лазерные индикаторы, манометры ДМ-5001;
- 2-х этапная статистическая обработка экспериментальных данных.

Патенты №№: 2184361,
2296976, 2310184



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

DIPLÔME



Женева

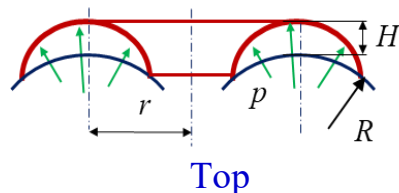
Серебряная медаль

- 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. Т.40. №6. С.840-845 doi.org/10.1134/S199508021906026X .

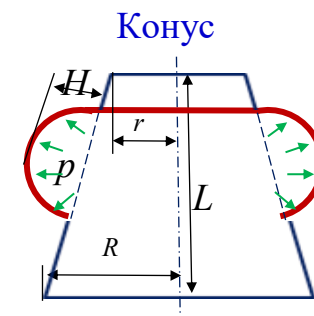
- Экспериментально - теоретический метод определения механических свойств исходно неплоских элементов конструкций сложной структуры



Катеноид



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



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

55

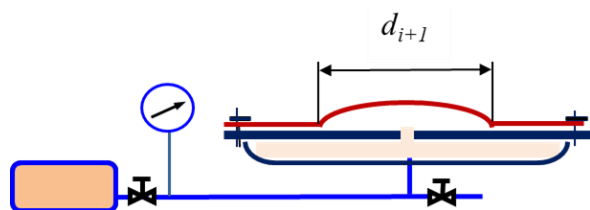
DOI: 10.26896/1028-6861-2019-85-2-55-59

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ НЕПЛОСКИХ ПЛЕНОК И МЕМБРАН СЛОЖНОЙ СТРУКТУРЫ

© Нух Махмудович Якупов, Наиль Курбанович Галимов,
Самат Нухович Якупов¹

**Важные научные
достижения в 2020 году –
ФИЦ КазНЦ РАН**

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



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

Замер диаметра основания купола
в процессе отслаивания покрытия.

$$F_i = F_k,$$

Патент №2421707

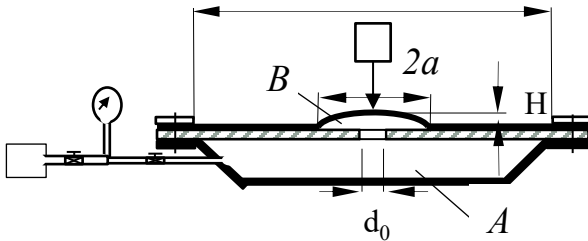
Разработка награждена Бронзовой медалью «АРХИМЕД - 2012»



• 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

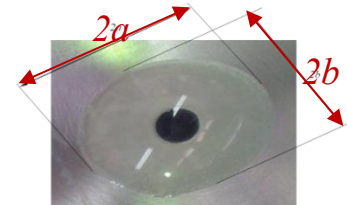
- Экспериментально - теоретический метод оценки адгезии гибкого покрытия к плоскому элементу



Повышается точность оценки адгезионных свойств

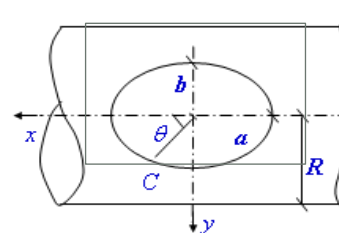
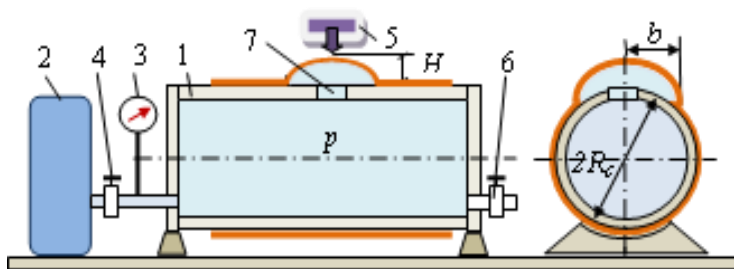
Патент №2572673

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

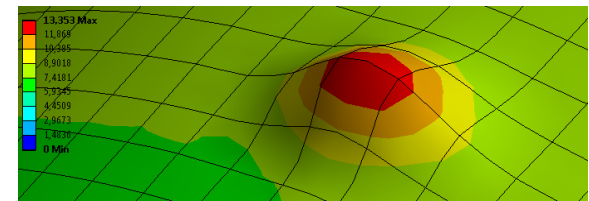


- Якупов С.Н. // Известия РАН. Механика твердого тела. №5. 2017. С.137-144.

- Экспериментально - теоретический метод оценки адгезии покрытия к цилиндрическому элементу



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



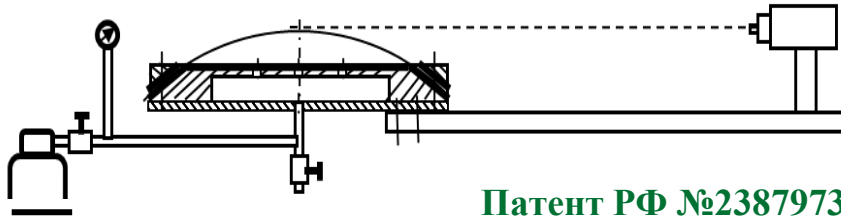
Замеры параметров купола: a , b и H на каждом шаге; Модель цилиндрического покрытия; Методом «пристрелки» – приближаемся к параметрам экспериментального купола

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



Москва
“Архимед”
Золотая
медаль



- Способ и устройство определения свойств покрытий и нанопокровов



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 нанопокровов 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

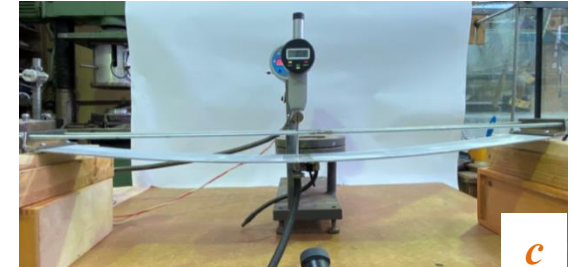
- Установка и способ исследования влияние деформации поверхности плоского несущего элемента на адгезию покрытия



a



b

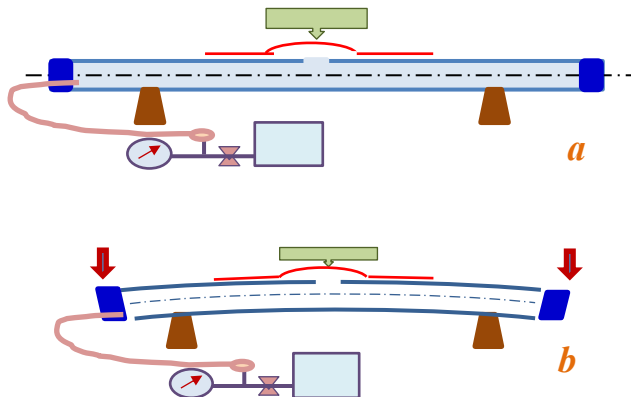


c

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



a

b

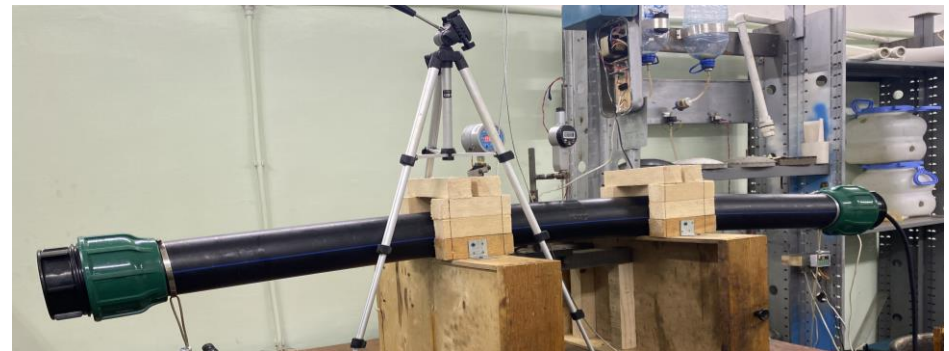


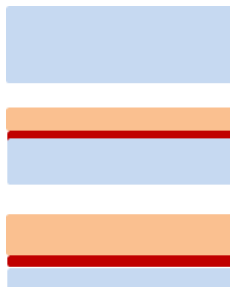
Схема: a – без деформаций, b – деформированное

- Yakupov N.M., Yakupov S.N., Gubaydullin R.I. // **JOP**: 1281 (2019) 012091, doi.org/10.1088/1742-6596/1281/1/012091S.N
- 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

Патенты
№2296976,
№2437077



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



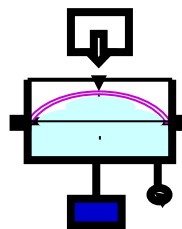
2010 Разработаны установка для исследования мембран в агрессивной среде, подверженных воздействию магнитного поля;... **Отчетный доклад Президиума Российской академии наук «Научные достижения РАН в 2009 году»**. М.: Наука, 2010. С.137.

- Технология формования предохранительных мембран



Патент №1756786

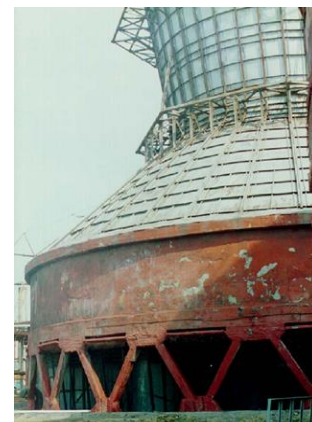
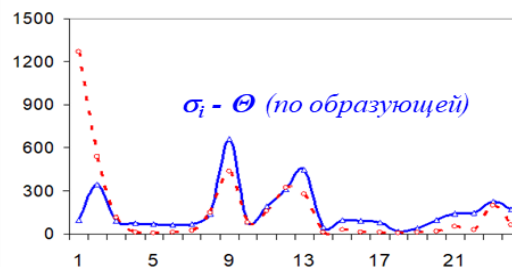
Технология передана ОАО
Нижнекамскнефтехим



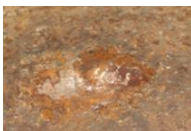
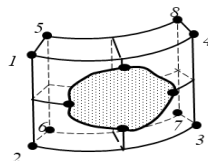
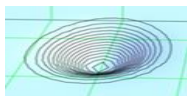
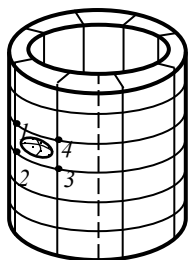
МЕХАНИКА

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

НДС с учетом дефектов



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



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

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

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

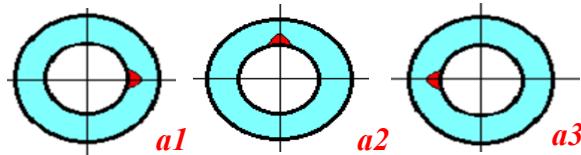
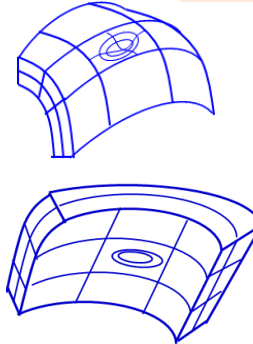
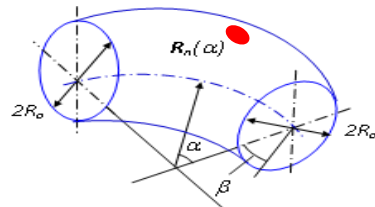
Патент №2517149

Газпром трансгаз
Казань

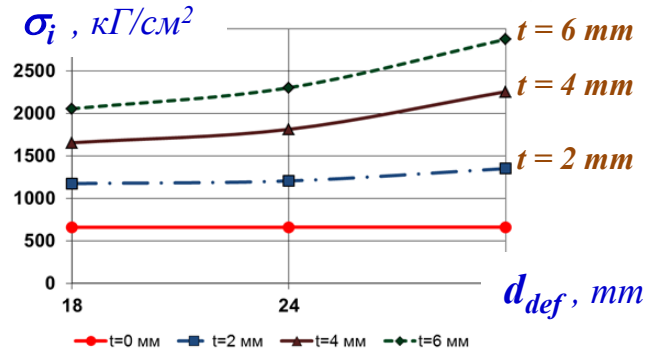
Акт использования

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

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

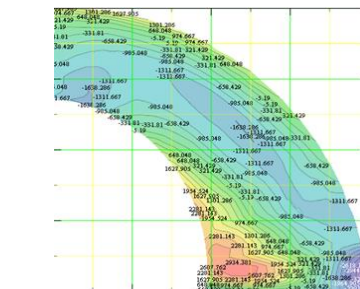
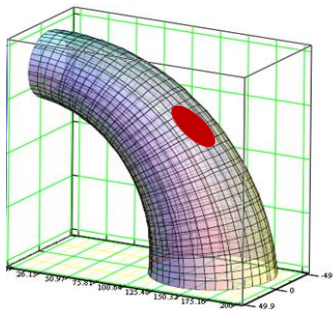


Углубления на наружной и внутренней поверхности

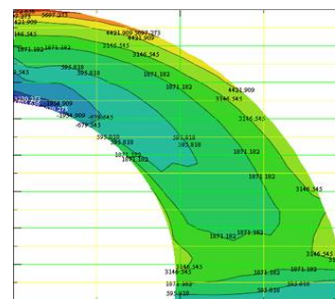


- Yakupov N.M., Kiyamov H.G., Mukhamedova I.Z. // *Lobachevskii J Math* 41, 1310-1314 (2020)
- Yakupov N.M., Kiyamov H.G., Mukhamedova I.Z. // *Lobachevskii J Math* 42, 2257-2262 (2021)
- Yakupov N., Kiyamov Kh... // STCCE - 2021 274, 03032 (2021), 7 p. doi.org/10.1051/e3sconf/202127403032

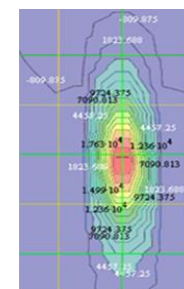
Концентрация в циклической оболочке в области углубления (СВ МКЭ -3)



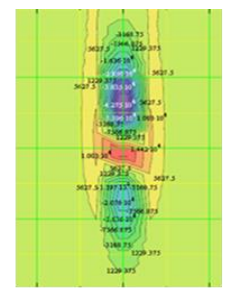
$\sigma_{33} (кг/см^2)$ вблизи
наруж. поверхности



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



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

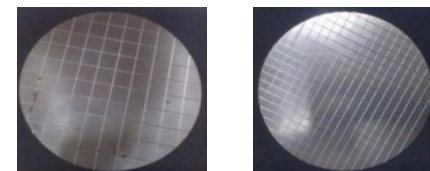
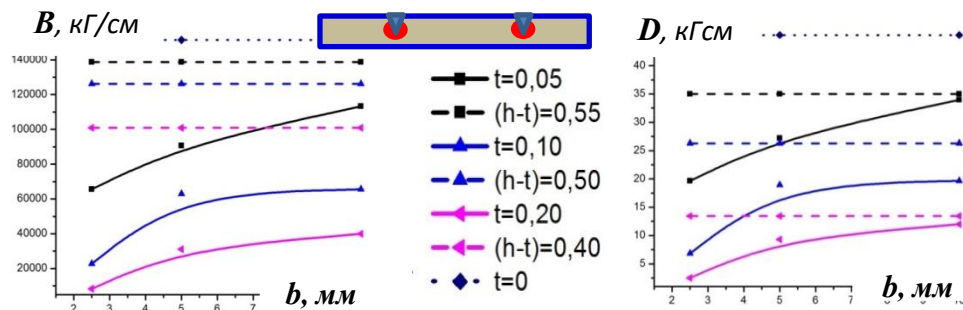


$\sigma_{22} (кг/см^2)$ наруж.
поверхность

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

Жесткостные свойства элементов с системой царапин

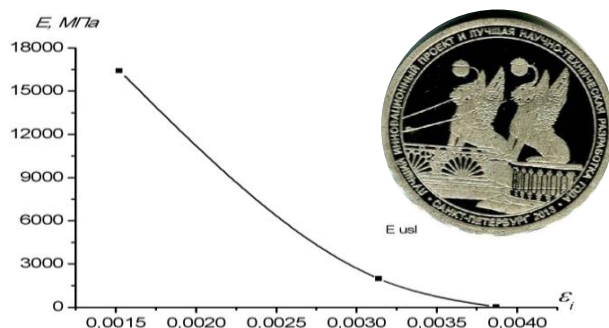
МЕХАНИКА



Важные научные достижения в
2019 – ФИЦ КазНЦ РАН

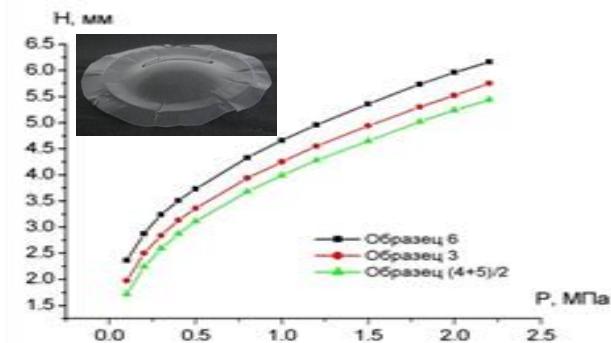
- Yakupov S.N. // *Lobachevskii Journal of Mathematics*, 2019, Vol. 40, No. 6, pp. 834-839.
- Якупов С.Н. // XII съезд. Т.3: Механика деформируемого твердого тела. Уфа: РИЦ БашГУ, 2019. С.1286-1287.
- Якупов С.Н., Якупов Н.М. // Казань: Изд-во Казан. ун-та, 2014 (CD-ROM) (РИНЦ). (24 name.html).
- Якупов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

Механические свойства композиции: пленка с нанопокрывтием



Образец №6 «подложка»

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

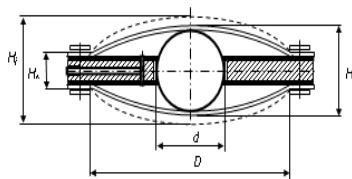
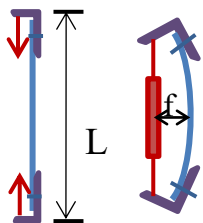


Дипломом II Степени, Серебряная медаль: XIX Межд. выставка «Hi-Tech-2013», г. Санкт-Петербург

- 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



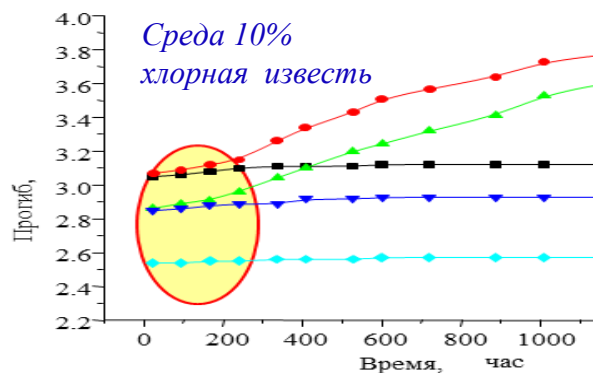
Патенты №№: 2439537, 2437077

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

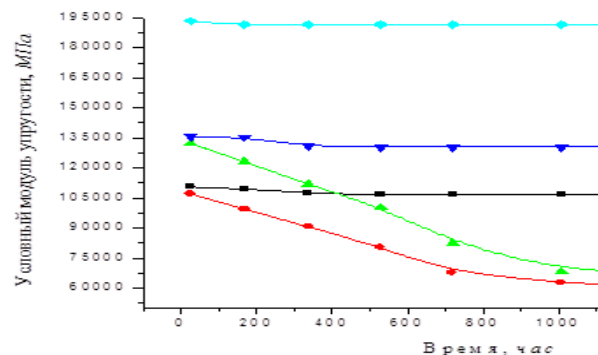
Коррозия на растянутых поверхностях идет быстрее, чем на сжатых; с ростом σ возрастает

- Сидоренко С.Н., Якупов Н.М. Коррозия – союзник аварий и катастроф. М.: Изд-во РУДН, 2002. 93 с.
- Якупов Н.М., Гиниятуллин 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



- Образец №1 (царапины без коррозии)
- Образец №2 (царапины с коррозией)

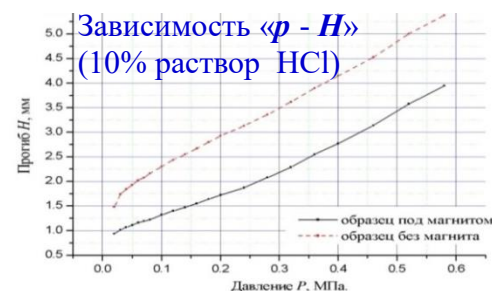
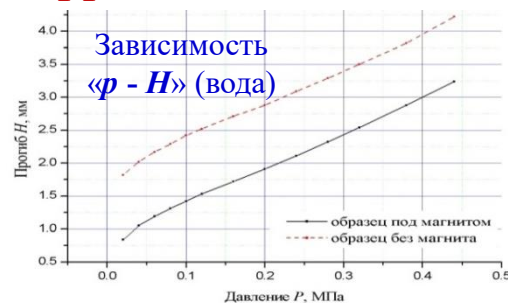
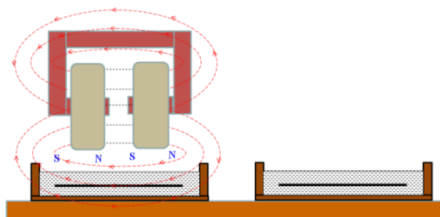


- ▲— Образец №3 (вмятины с коррозией)
- ▼— Образец №4 (вмятины без коррозии)
- ◆— Образец №5 (чистый без коррозии)



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

• Влияние магнитного поля на коррозию

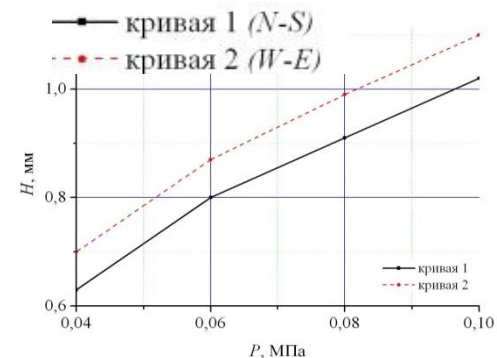
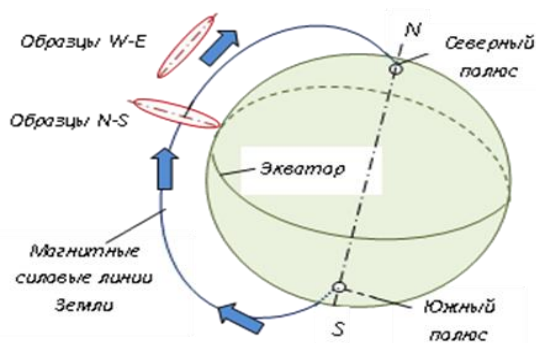


Коррозия в водной и кислой средах без магнитного поля выше, чем образцов в агрессивной среде под воздействием магнитного поля.

- 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. P.6.

**Важные научные
достижения в 2017 г.
– ФИЦ КазНЦ РАН**

• Влияние направления силовых линий магнитного поля Земли на коррозию



Большей коррозии подвержены образцы – поверхности параллельные силовым линиям

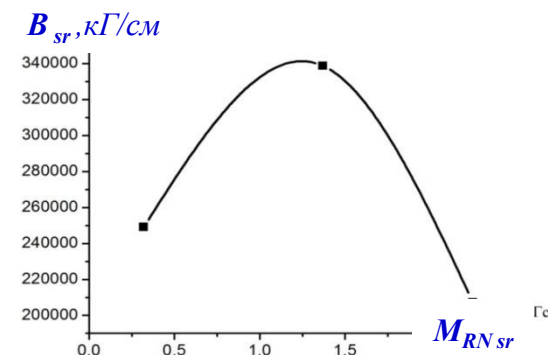
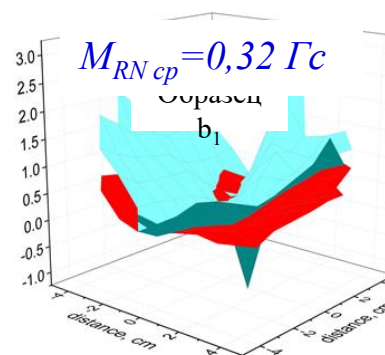
- Якупов Н.М., Гиниятуллин Р.Р., Якупов С.Н. // ДАН, 2015. Т.463, №6. С.684-686
- Yakupov N.M., Giniyatullin R.R., Yakupov S.N. // Doklady Physical Chemistry, 2015, V.463, P. 2, pp.188-190
- Yakupov S.N., Gumarov G.G., Yakupov N.M. // JOP: Earth and Environmental Science 288 (2019) 012034.
doi.org/10.1134/S0012501615080072

Влияние остаточной намагниченности на коррозию стальных образцов

Нормальные компоненты остаточной намагниченности:

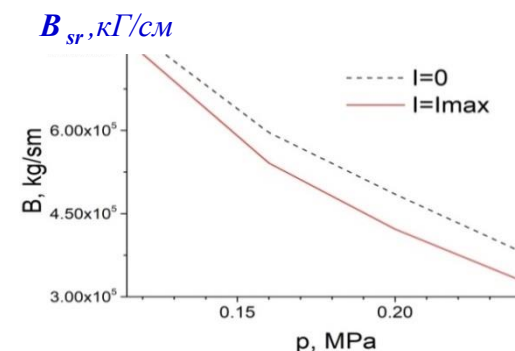
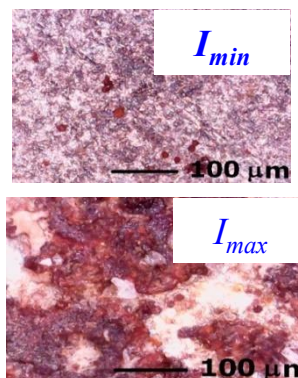
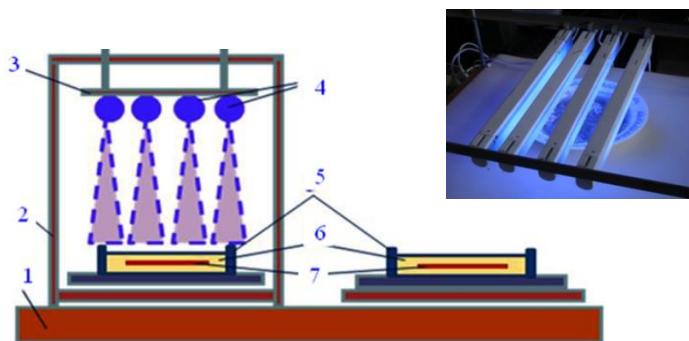
$M_{RN\ cp}=0,32\ Гс$; $M_{RN\ cp}=1,37\ Гс$; $M_{RN\ cp}=2,25\ Гс$
(в течение 7 месяцев).

Жесткость образцов до намагниченности
 $M_{RN} = 1,37\ Гс$ 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



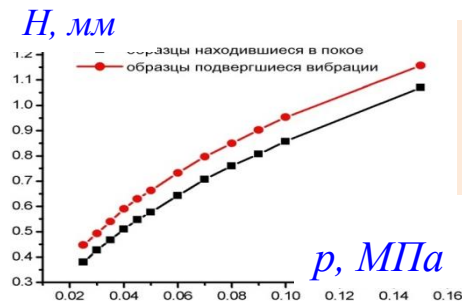
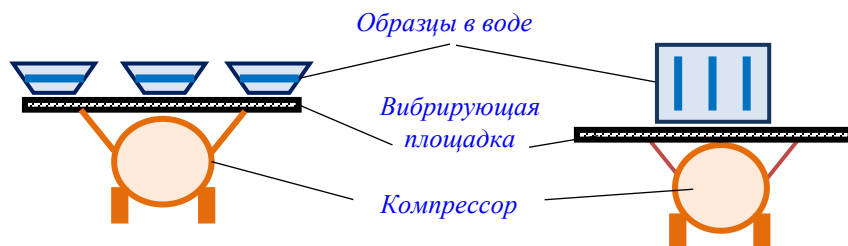
Непрерывное воздействие УФ ускоряет коррозию углеродистой стали.

- Якупов Н.М., Гиниятуллин 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



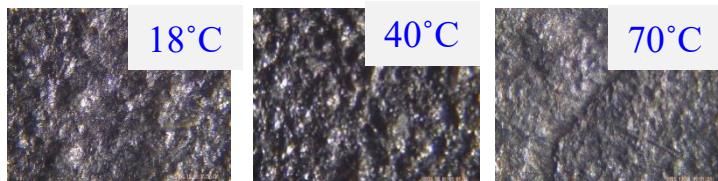
**Важные научные
достижения в 2018 г.
– ФИЦ КазНЦ РАН**

**Вибрация
способствует
ускоренной коррозии.**

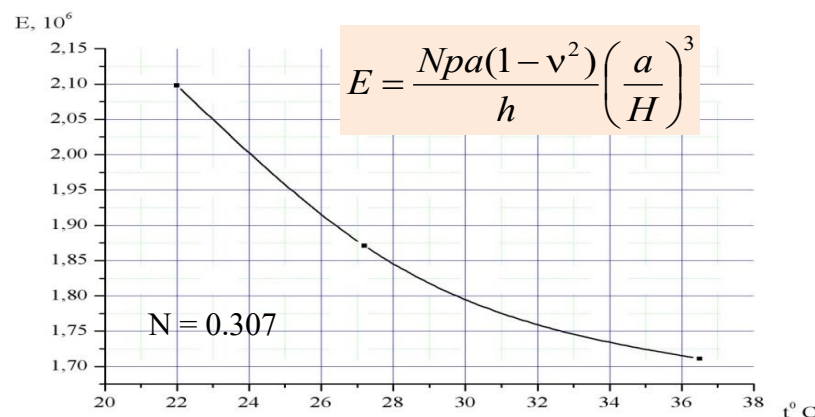
- Якупов Н.М., Якупов С.Н. // Доклады академии наук, 2018. Т.479, №6. С.626-628.
- N.M. Yakupov and S.N. Yakupov // Doklady Physics, 2018, Vol. 63, No.4, pp.147-149.

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

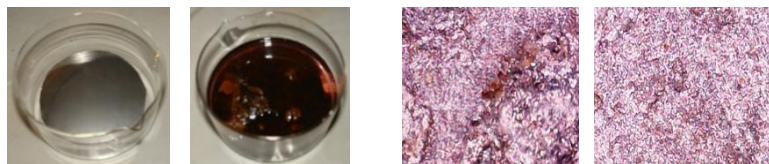


**Модуль упругости образца E (кг/см²)
от $T^\circ\text{C}$ (соляная кислота)**

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

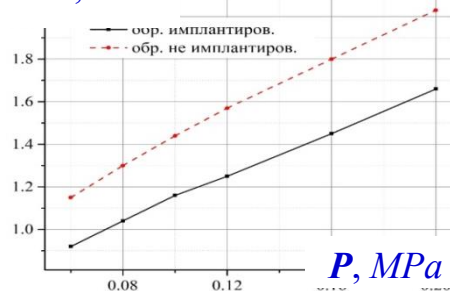
Влияние ионного легирования стальных образцов на коррозию МЕХАНИКА

До и после в среде (96 ч) Не имплантир., имплантир.

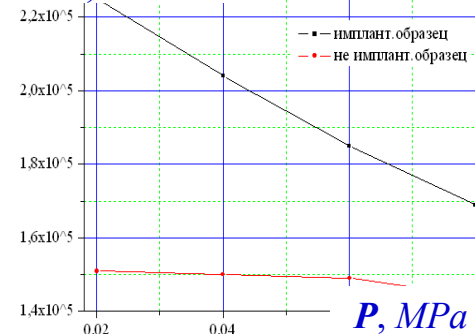


Легирование снижает коррозию от 1,2 до 1,6 раза; с увеличением времени агрессивной в среде эффект падает

$H, \text{ mm}$



$B, \text{ кг/см}$



- 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:



СПб. 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. Гиниятуллин 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 _____ Тамеев И.М.
28.05.2015.

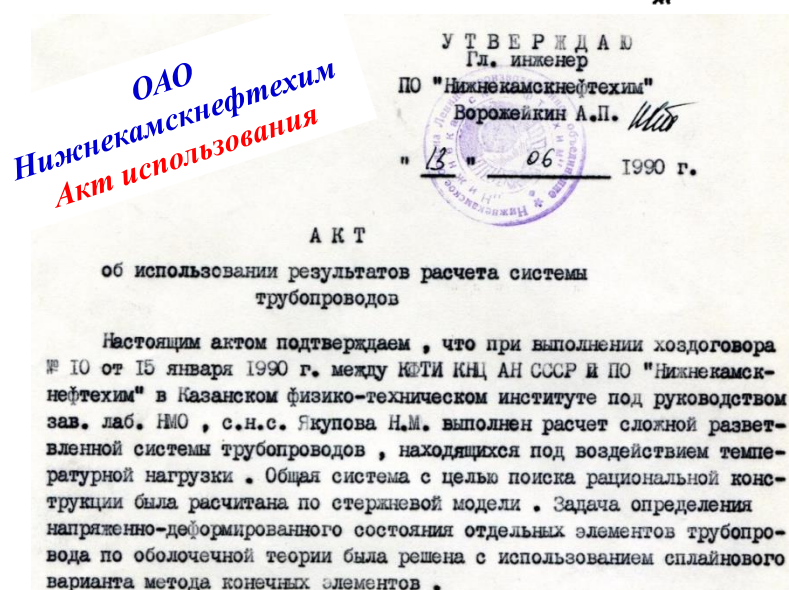
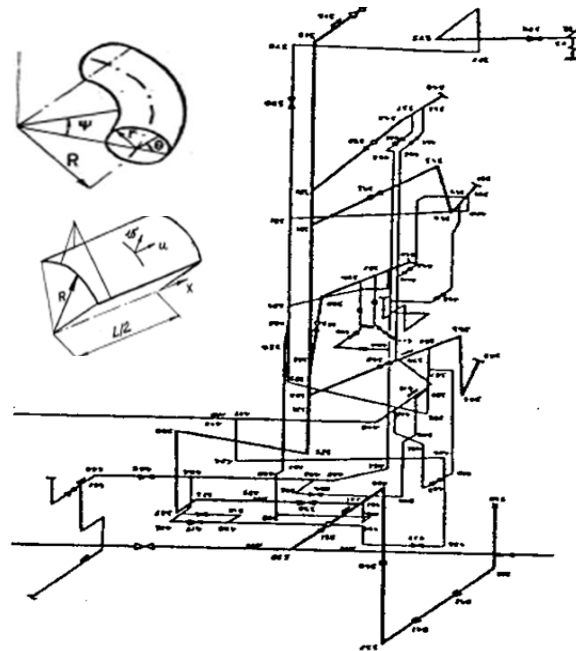
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ И ЛЕЧЕНИЕ

- 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).

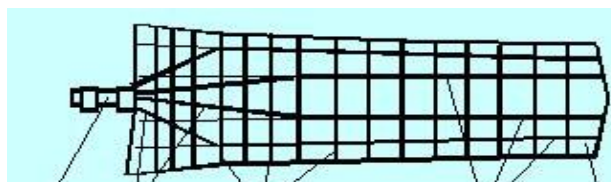
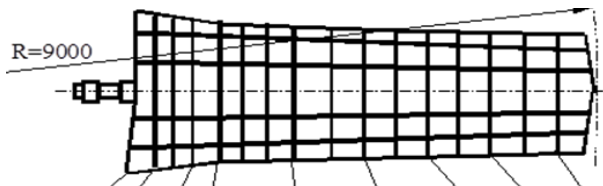


• Новый вариант лопасти вентилятора

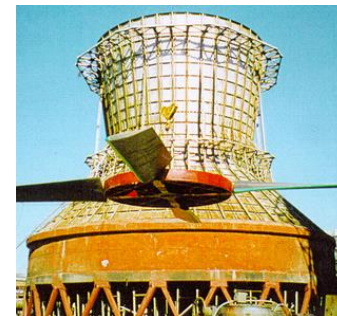
Патент №2101640

ЛЕЧЕНИЕ

Покупали в Германии и Голландии

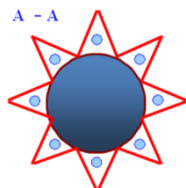
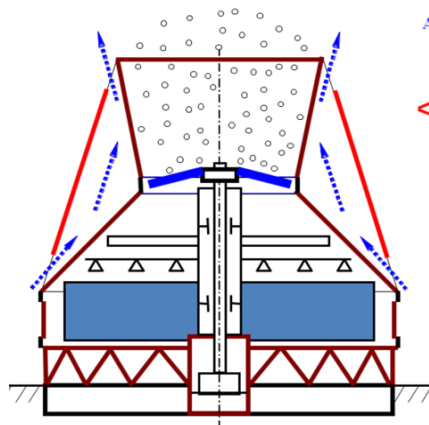


Новый вариант лопасти – увеличение прочности при снижении веса



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

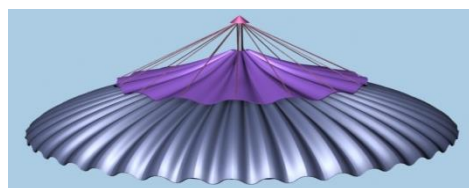
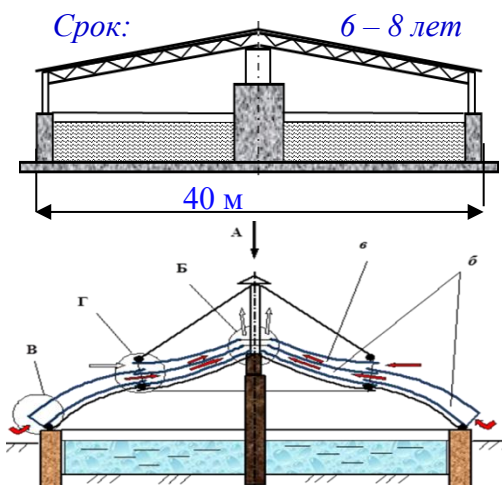
- Устранение недостатков
- Снижение веса конструкции
- Увеличение срока службы



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.

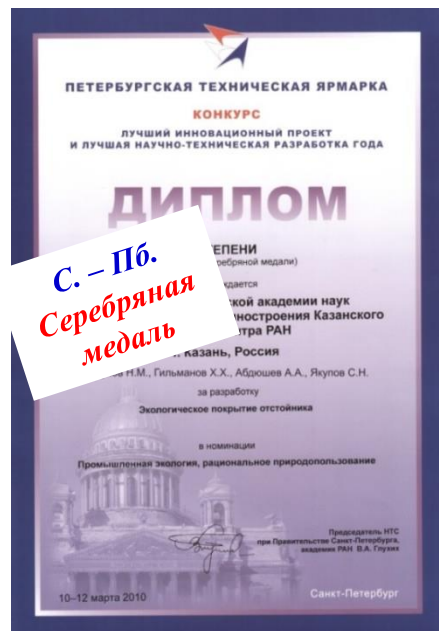
- Эко-покрытие с конструктивной противокоррозионной защитой



- каналы (вентиляция)
- фольга (изоляция)



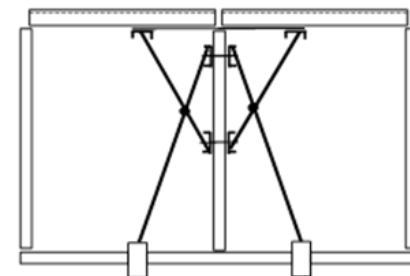
Патент №2345198



- Опорная система для усиления строительных сооружений (отстойник)



Износ панелей; панели отклонились от вертикали



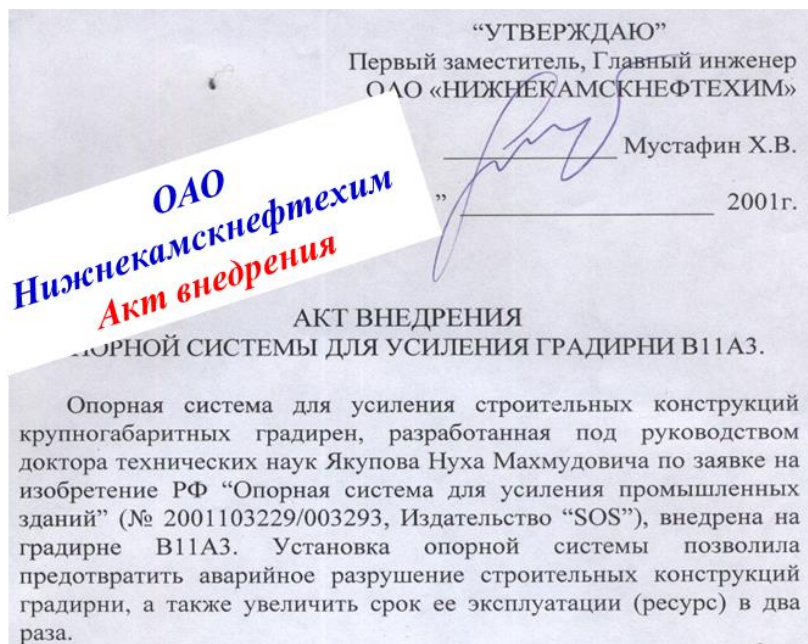
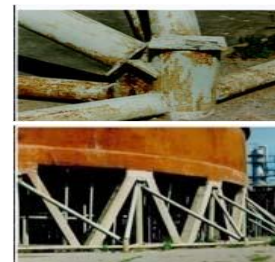
Патент РФ №2263191



• Опорная система для усиления крупногабаритных градирен



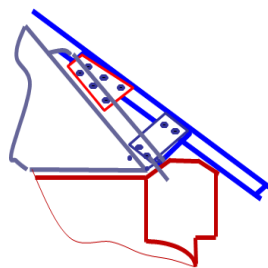
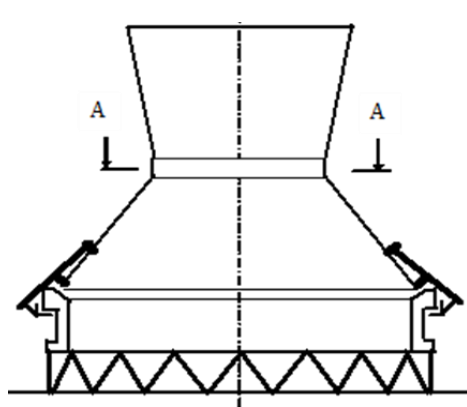
Патент РФ
№2196209



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

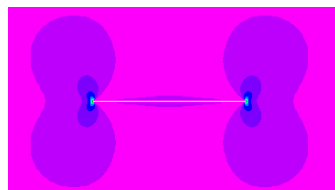
Патенты: №2239033, №2326218, №2343256



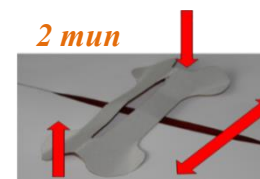
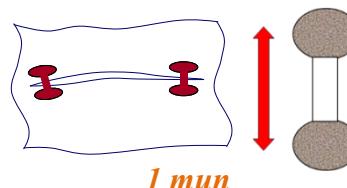
2005 Предотвращение разрушения промышленных сооружений и снижение загрязнения ими окружающей среды. **Отчет о деятельности РАН в 2004 году. Важнейшие итоги.** М.: Наука, 2005.

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



Патенты: №2310791, №2380585

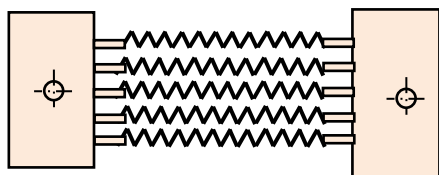


ЛЕЧЕНИЕ

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

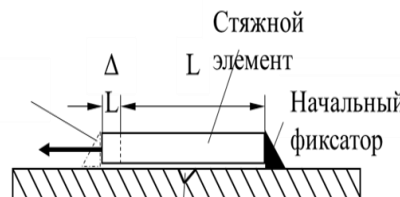


Информ. сборник. Важнейшие исследования и разработки научных учреждений РАН в 2008-2012 гг., готовые к практическому применению. М.: 2013. С.86-87.



Патенты
№2500512,
№2519386

Конечный
фиксатор

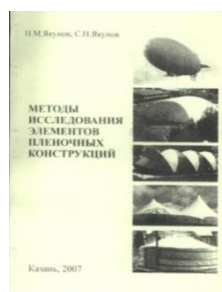
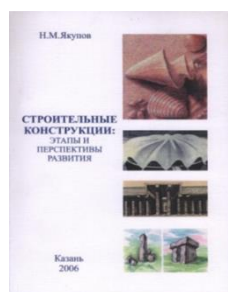
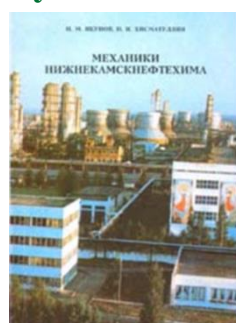
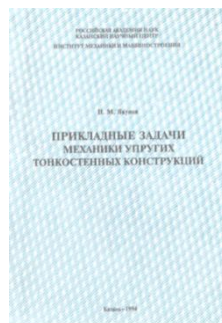
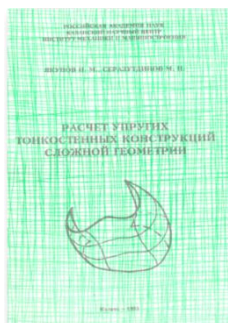


Для ООО Газпром трансгаз Казань; используются там

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 :

2004 - Брюссель



2005 - Женева



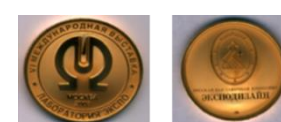
2005 - Москва



2007 - Женева



2008 - Москва



2009 - Женева



2009 - Москва



2010 - С. Петербург



2011 - Москва



2011 - Москва



2012 - Москва



2012 - Москва



2013 - С. Петербург



2013 - С. Петербург



2013 - Москва





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



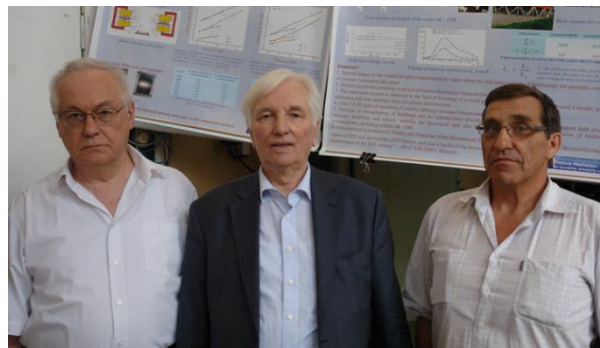
Ак. Ганиев Р.Ф. 2008



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 !