Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті

« Академик Ш.Ш.Шокин атындағы КазҒЗЭ институты» Акционерлік қоғамы

Магистрлік диссертация тақырыбы:

Бөгетсіз ГЭС-тер үшін бір бағыттағы ағыс гидротурбинасының параметрлерін анықтау жолындағы теориялық және тәжірибелік зерттеулер

Ғылыми жетекші: Туралина Д.Е.

Орындаған: Босинов Д. Ж.

Диссертациялық жұмыстың мақсаты:

- **Судың арыны 20 метр болған кездегі қалақшалардың ең тиімді:**

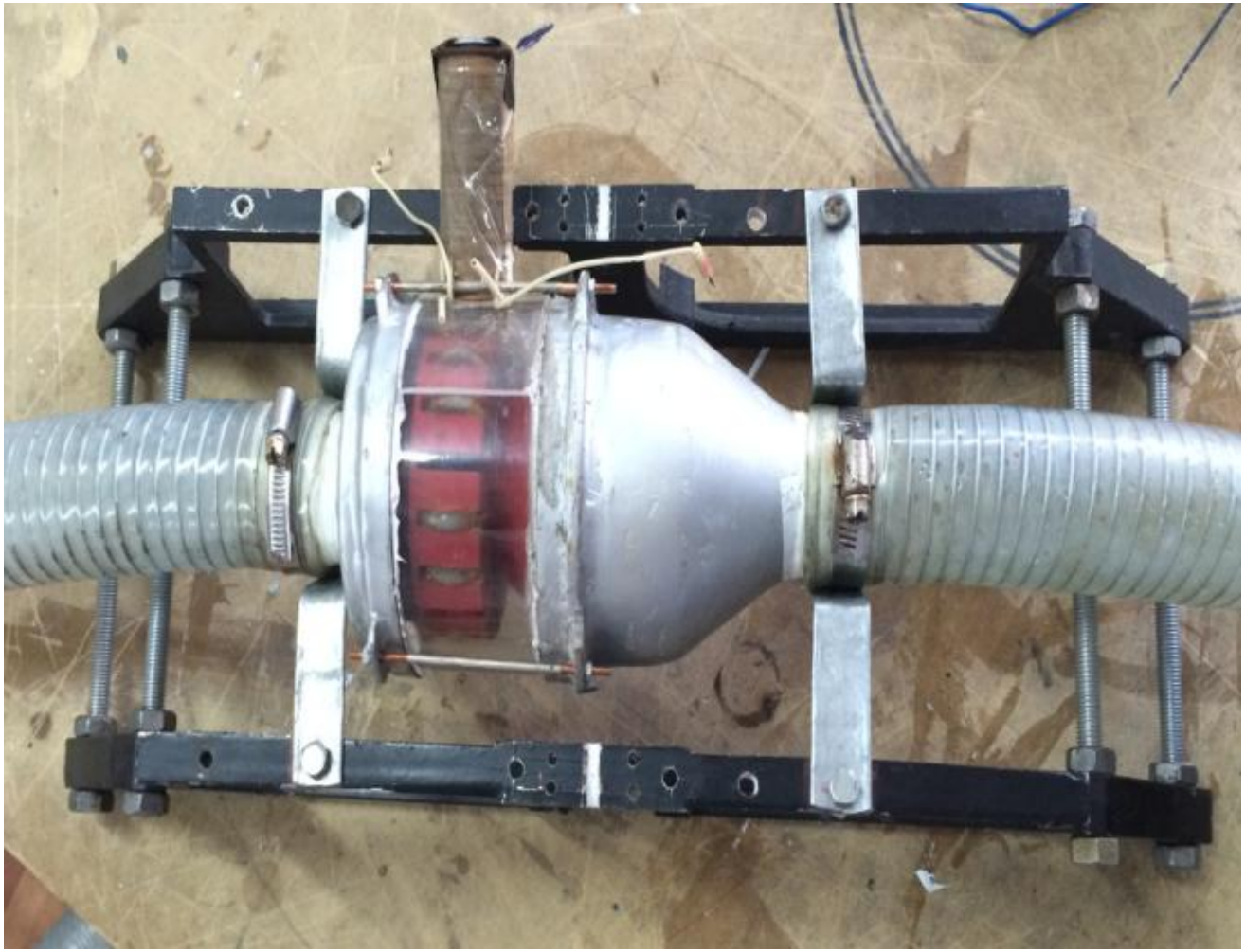
  1) Пішінін анықтау
  2) Орналасу бұрышын таңдау
  3) Санын анықтау
  4) Қалындығын табу
  5) Ұзындығын табу

- **Гидротурбинаның пайдалы әсер коэффициентін зерттеу**
- **Гидротубина роторын айналмайды деп қарастыру**
- **Гидротубина роторын айналады деп қарастыру**

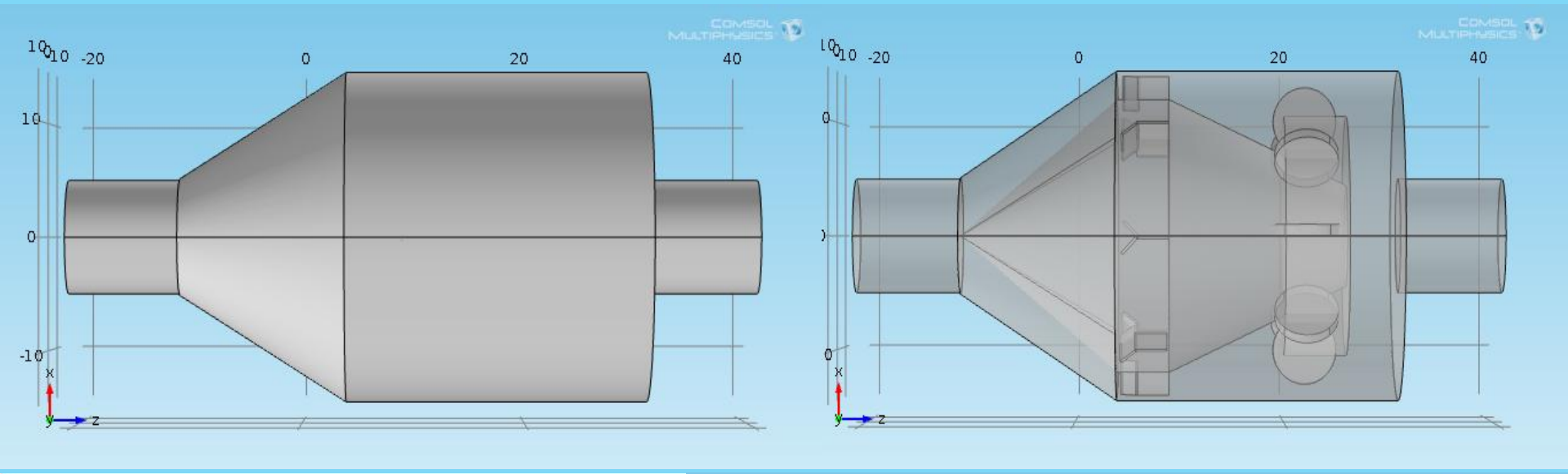
- **Судың шығынының өзгерісіне байланысты тәжірибелік зерттеу жүргізу:**

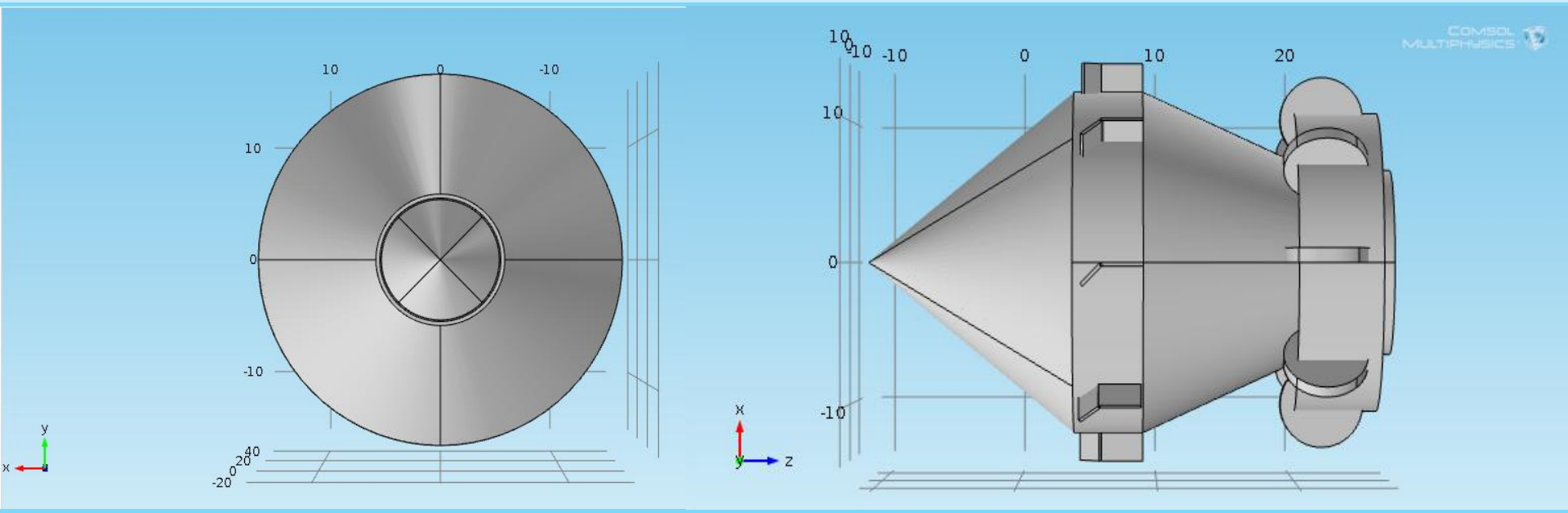
  а) Гидротурбинаның бір минуттағы айналымын есептеу
  б) Гидротурбинаның бір минут ішінде қанша электр қуатын өндіретінің анықтау

Бір бағыттағы ағыс гидротурбинасының жалпы түрі

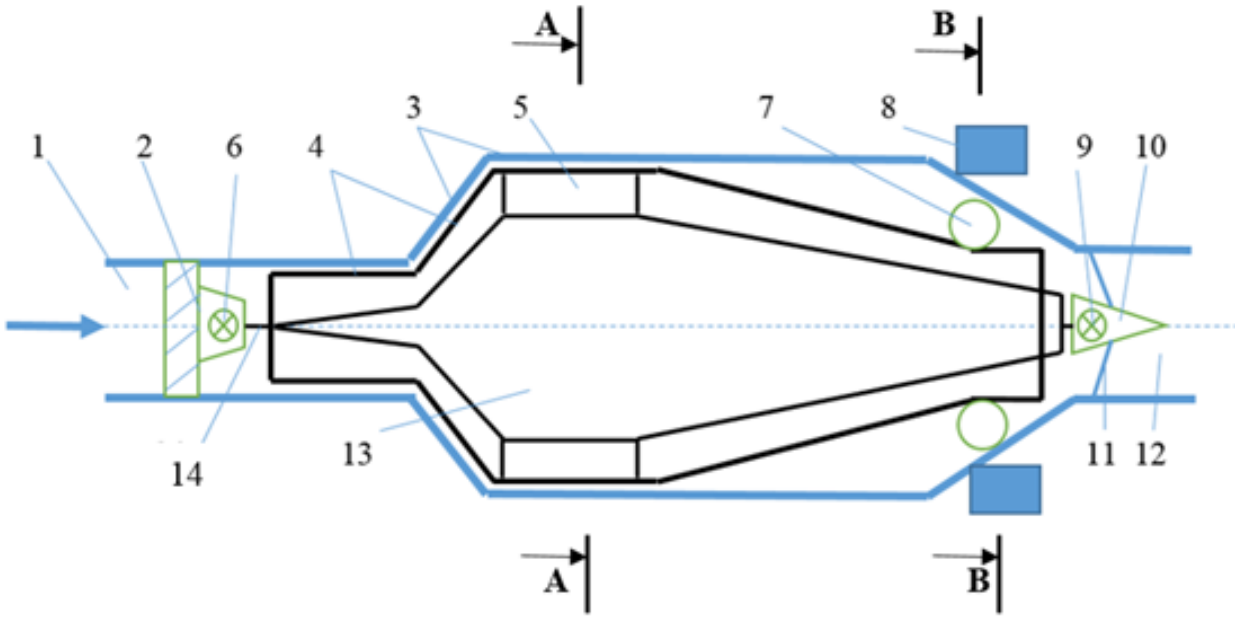


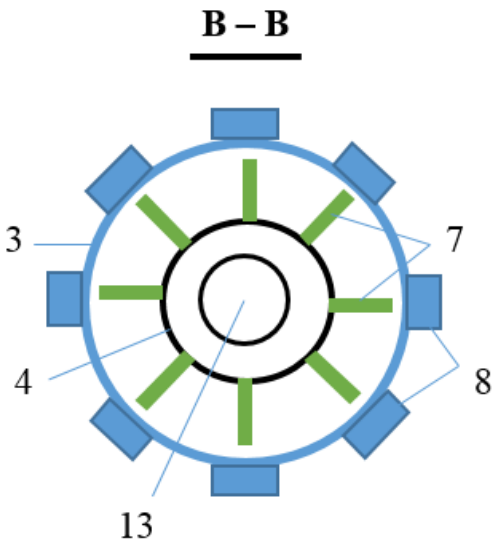
Гидротурбинаның үш өлшемді моделі

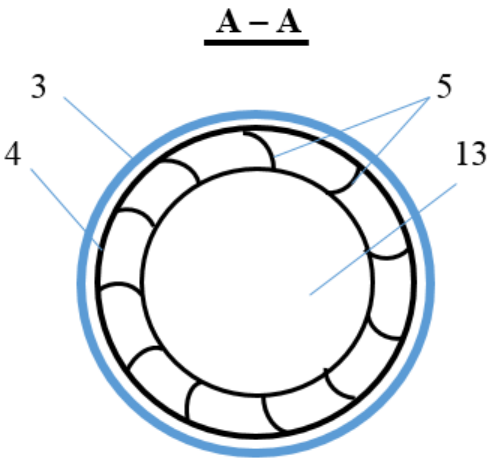




Гидротурбинаның сызбасы

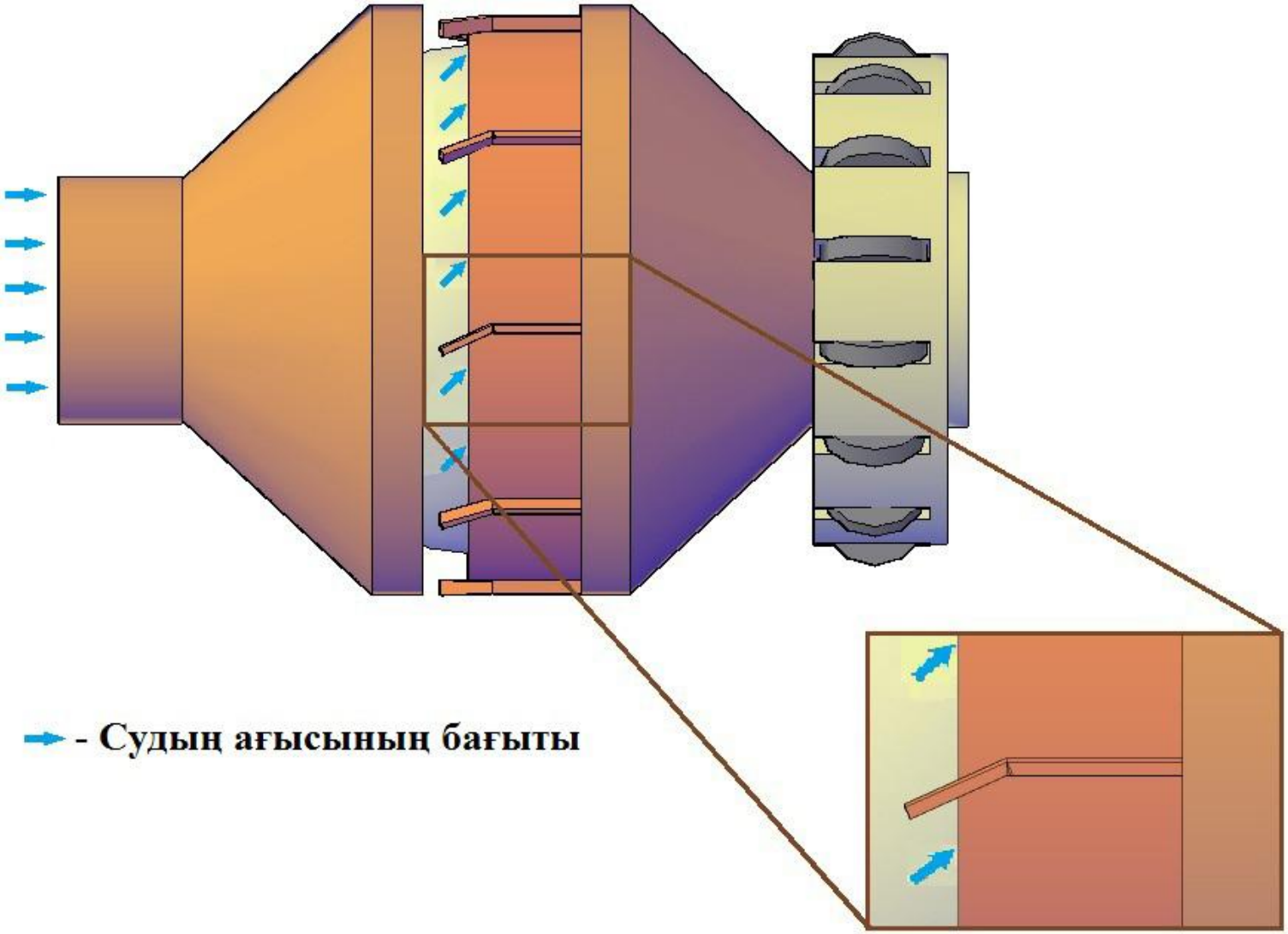






1) Су таратқыш (Подводящий водовод)
2) Құйындатқыш (Завихритель)
3) Сыртқы құбыр
4) Ішкі құбыр
5) Қалақшалар
6) Сальниктермен бекітілген подшипниктер
7) Магниттер
8) Генератордың орамы
9) Сальниктермен бекітілген подшипниктер
10) Кавитацияны азайтқыш құрылғы
11) Подшипниктерді бекіткіш
12) Су бағыттауыш
13) Ротор
14) Ротордын айналу білігі

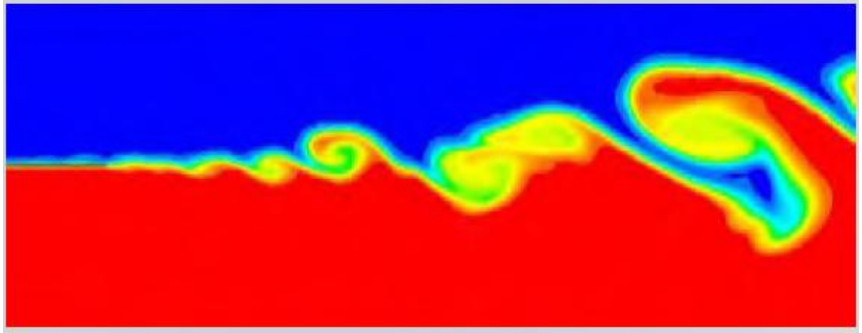
Гидротурбина роторында орналасқан қалақша бөлігі



Turbulent Flow Simulation Methods

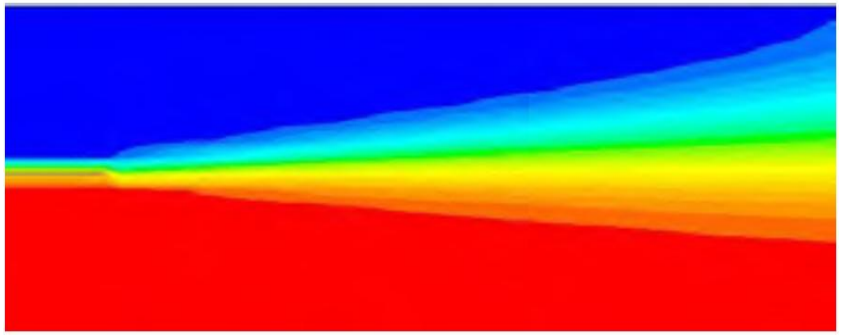
DNS

(Direct Numerical Simulation)

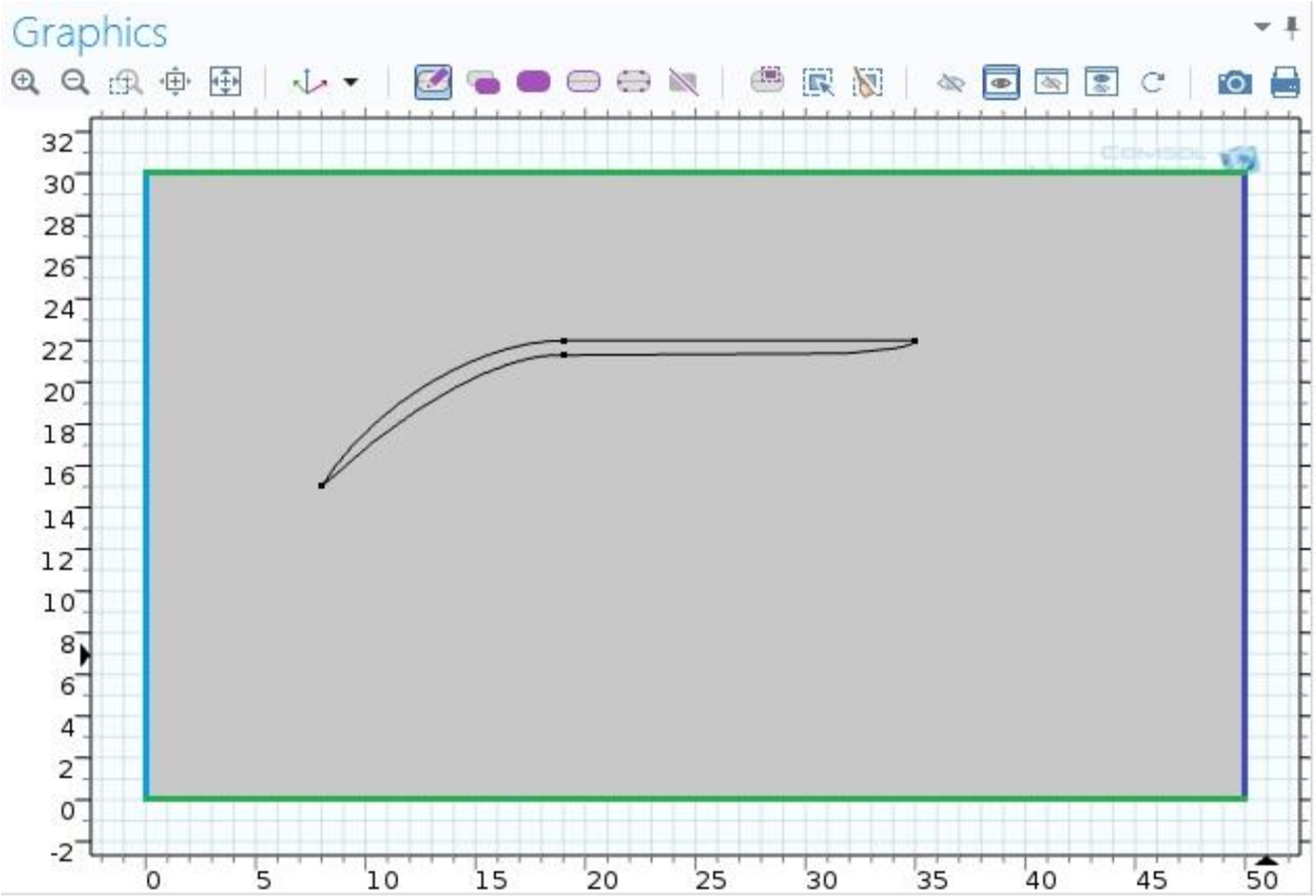


RANS

(Reynolds Averaged Navier-Stokes Simulations)

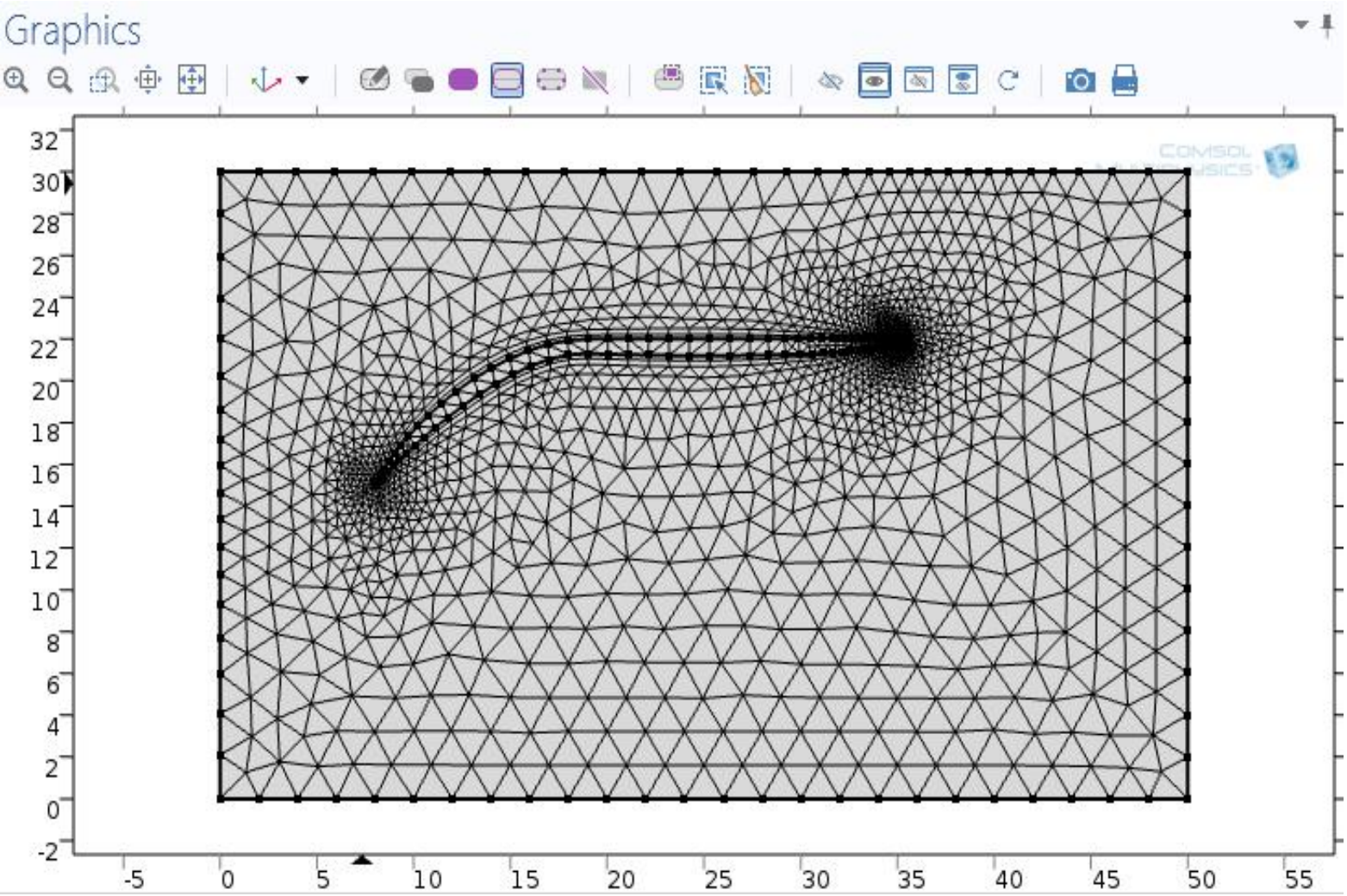


Есеп шығарылатын аудан

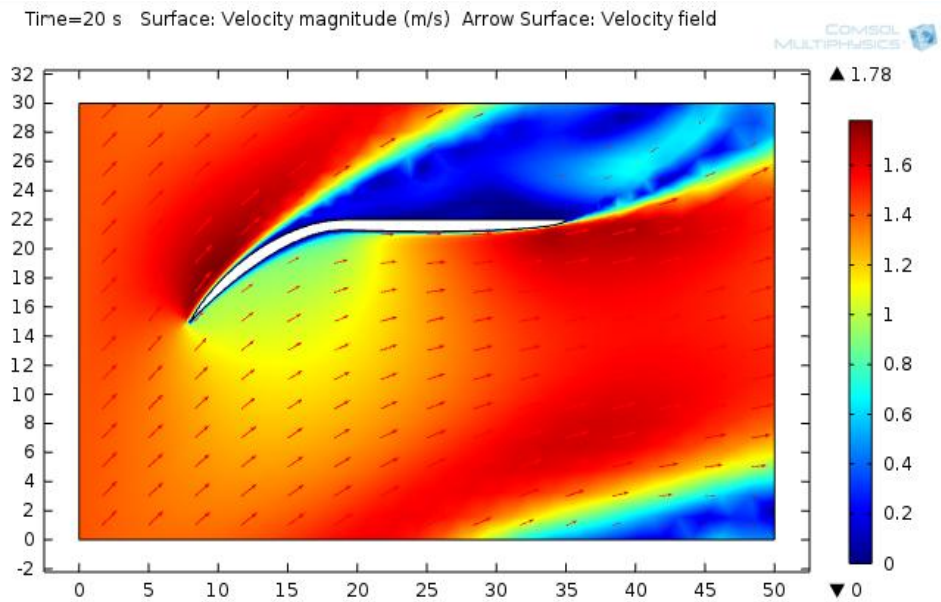


- Inlet
- Outlet
- Periodic Flow Condition
- Wall

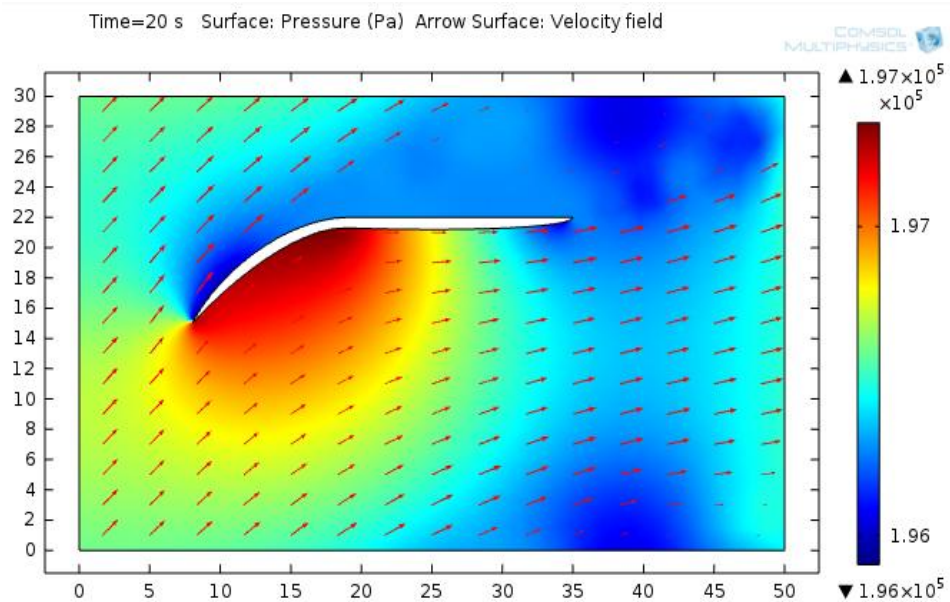
Қалақша пішінінің бойындағы тордың сызбасы



Қалақшаның орналасу бұрышы 0 градус болған жағдай

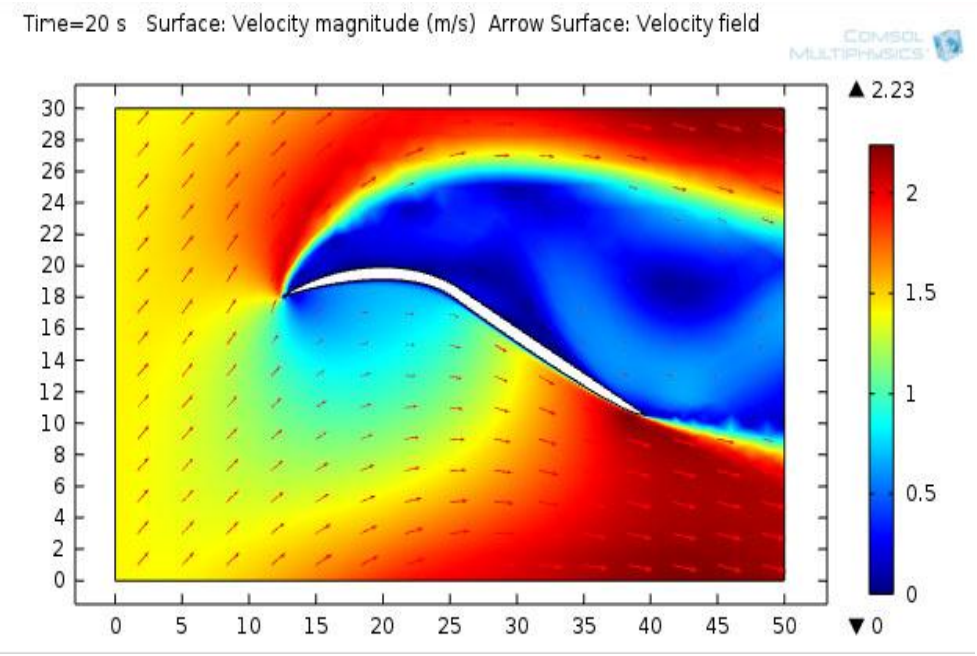


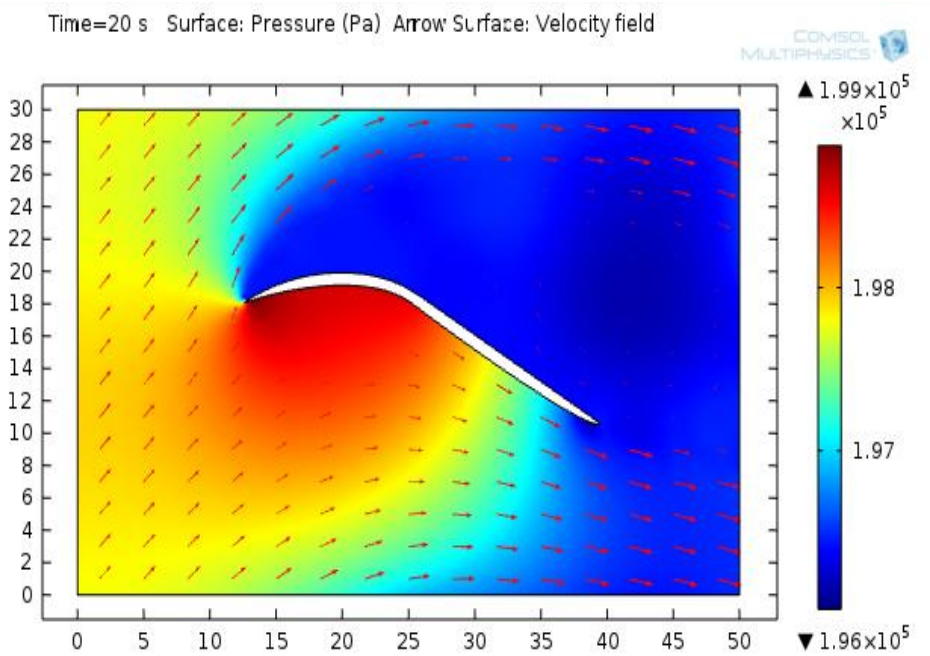
Судың жылдамдығының өзгерісі



Қысымның таралуы

Қалақшаның орналасу бұрышы 30 градус болған жағдай

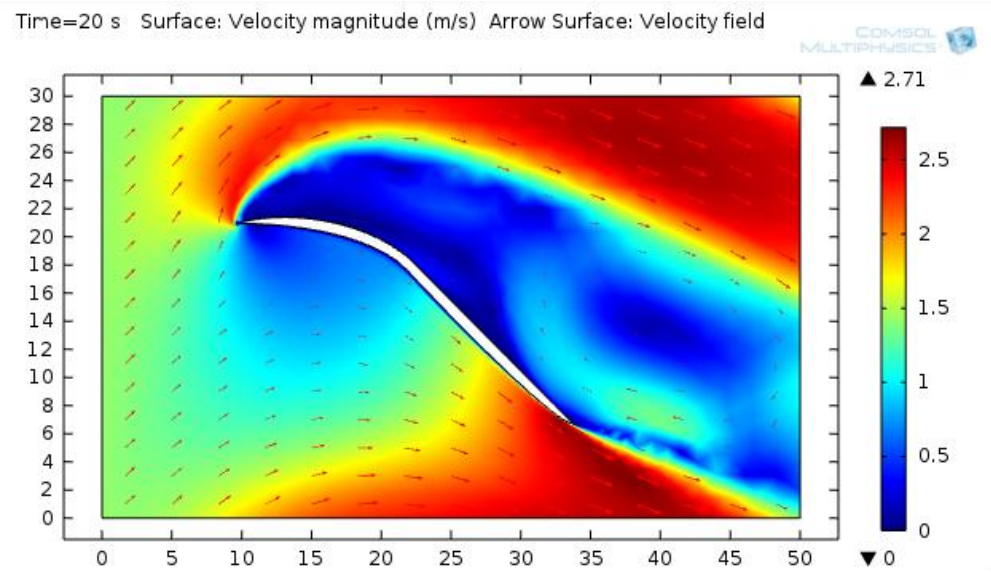




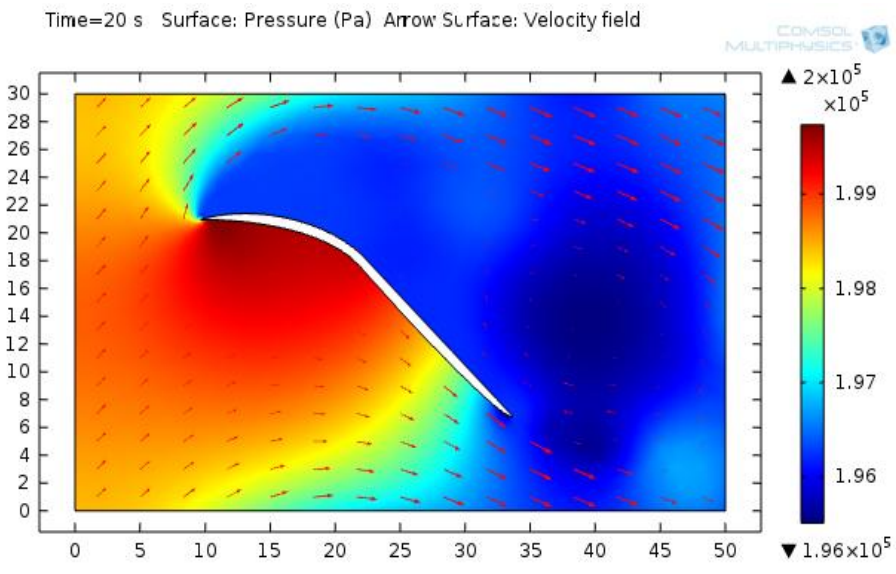
Судың жылдамдығының өзгерісі

Қысымның таралуы

Қалақшаның орналасу бұрышы 45 градус болған жағдай



Судың жылдамдығының өзгерісі



Қысымның таралуы

Қалақша қалыңдығын анықтау

$$\delta_{\max} = (0.005 \div 0.01) D_1 \sqrt{\frac{h_{\max}}{Z}} + 0.002, м$$

Z=12 болғанда:

$$\delta_{\max} = 0.005 * D_1 * \sqrt{\frac{h_{\max}}{Z}} + 0.002 = 0.005 * 0.05 * \sqrt{\frac{20}{12}} + 0.002 = 0.0024 м$$

Z=9 болғанда:

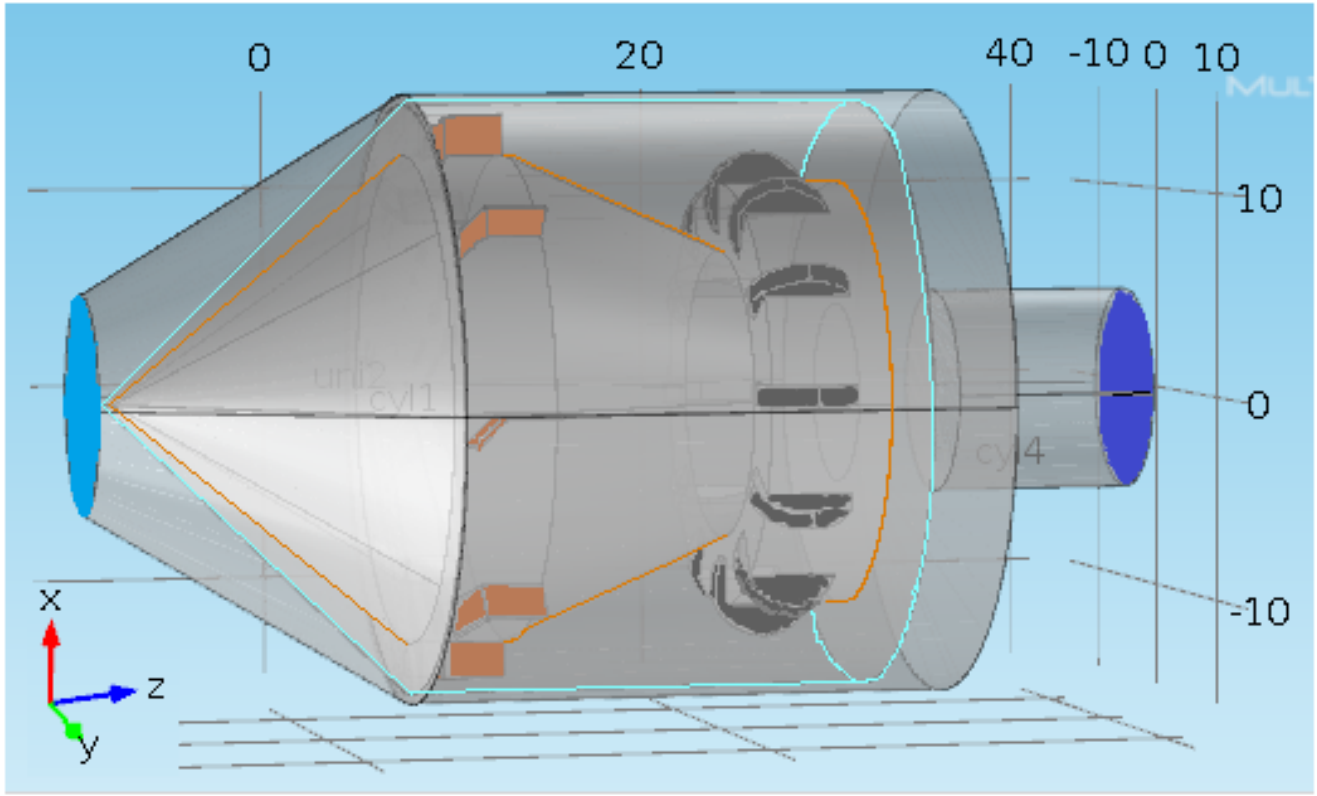
$$\delta_{\max} = 0.005 * D_1 * \sqrt{\frac{h_{\max}}{Z}} + 0.002 = 0.005 * 0.05 * \sqrt{\frac{20}{9}} + 0.002 = 0.0025 м$$

Z=6 болғанда:

$$\delta_{\max} = 0.005 * D_1 * \sqrt{\frac{h_{\max}}{Z}} + 0.002 = 0.005 * 0.05 * \sqrt{\frac{20}{6}} + 0.002 = 0.0028 м$$

Гидротурбина роторының бойындығы қалақшалардың жалпы түрі

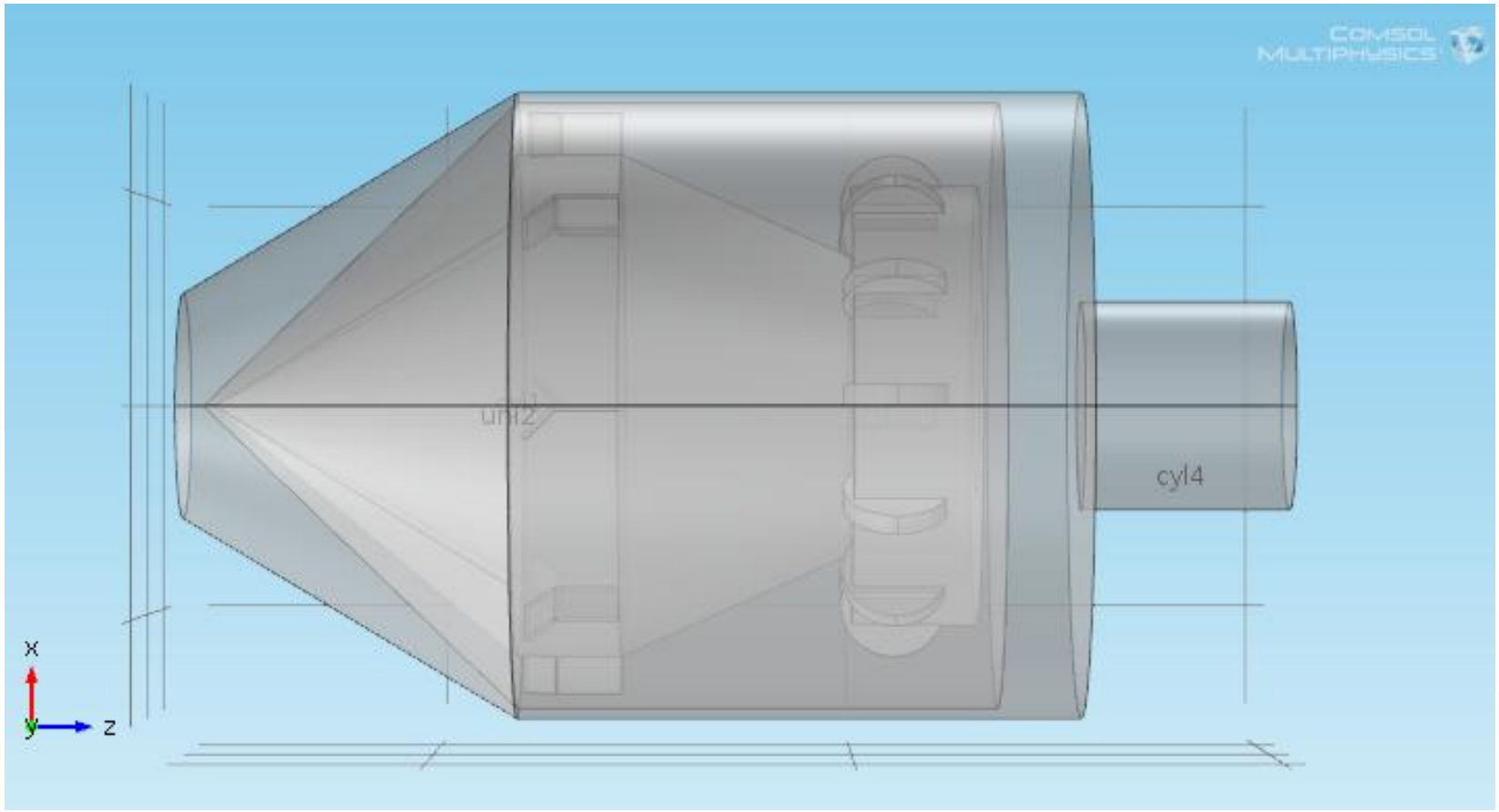
Гидротурбина роторының жұмыс істеу барысын COMSOL Multiphysics бағдарламасында бейнелеу



Inlet
Outlet
Blades
Rotating domain
Border of the rotor
Magnet

Rotating machinery

Гидротурбинаның геометриялық сызбасы

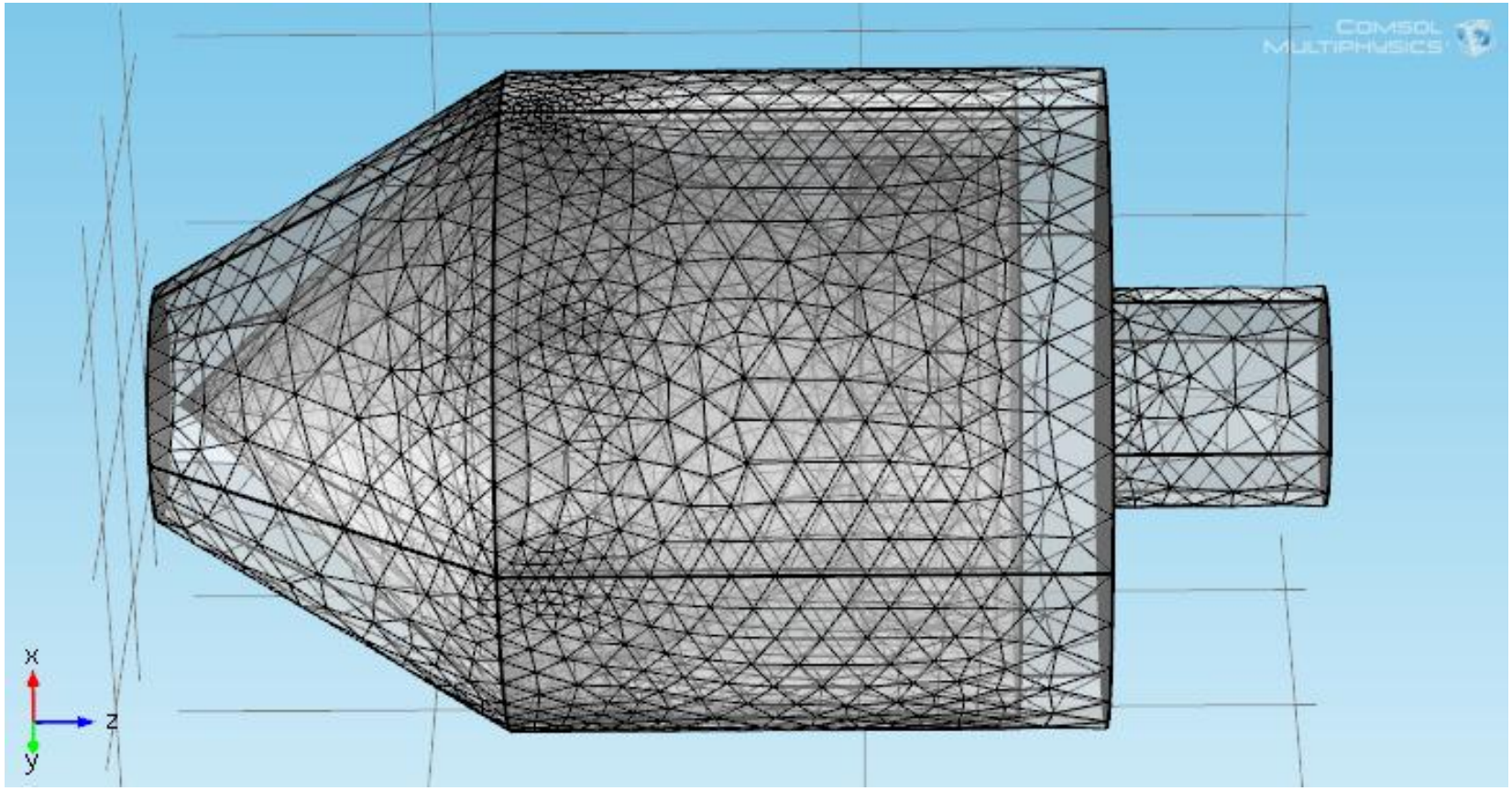


1 meter = 39370.07874016 mil (thou)

Velocity =0.00001 м/с.

Rotating machinery

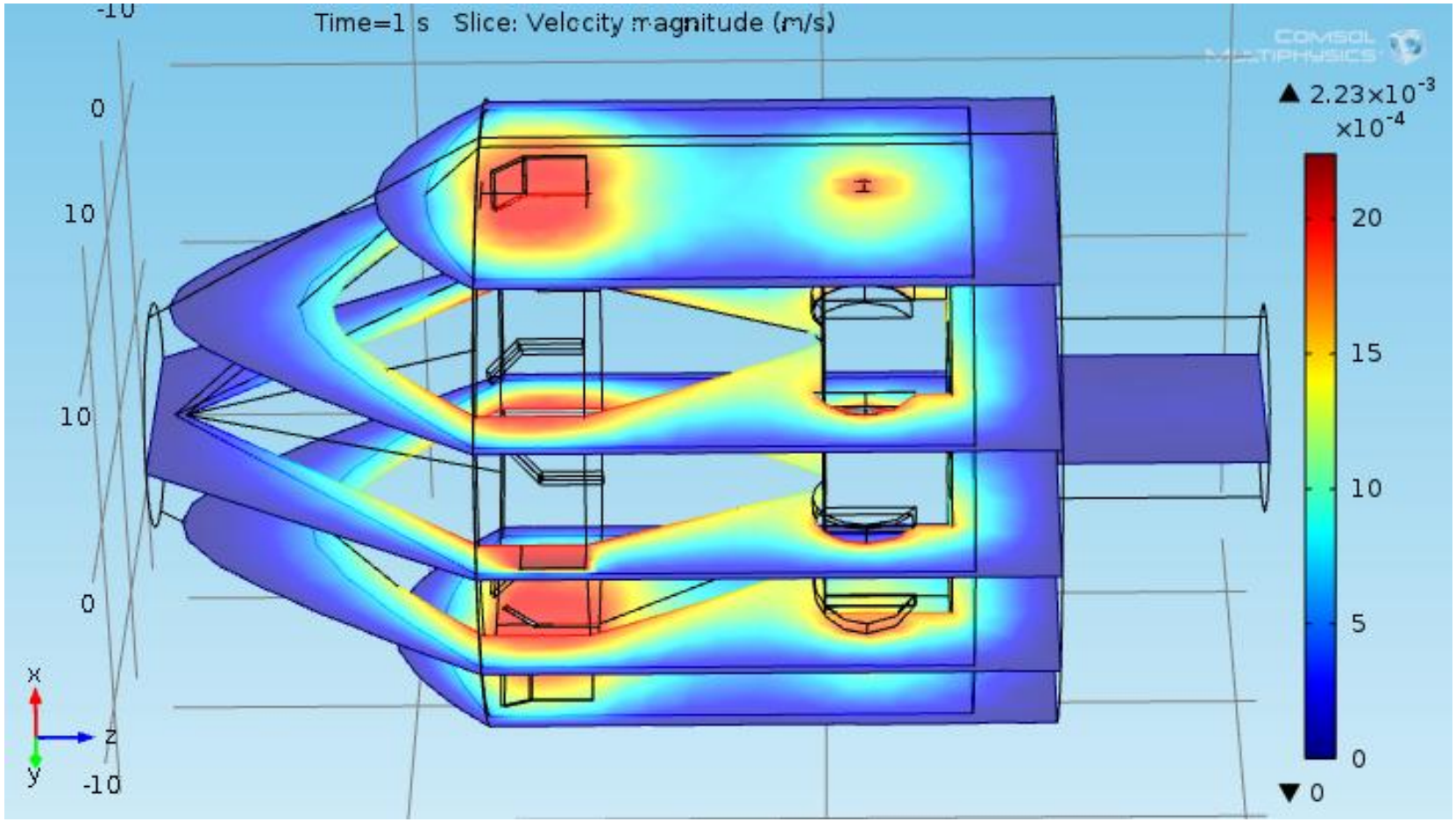
Гидротурбина бойындағы тордың сызбасы



Rotating machinery

Судың жылдамдығының өзгерісі

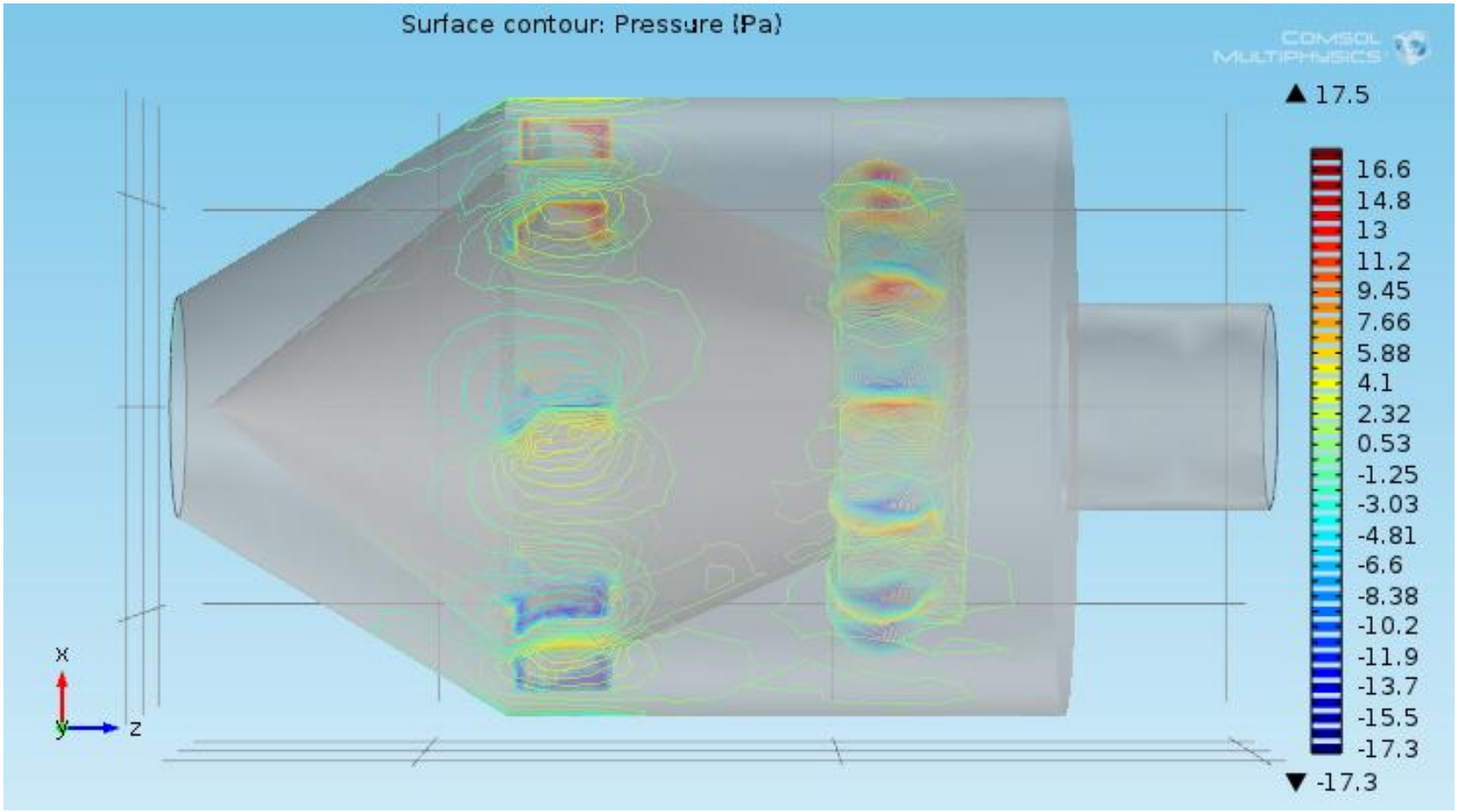
Судың жылдамдығының бағыты X, Y, Z өсімен



Rotating machinery

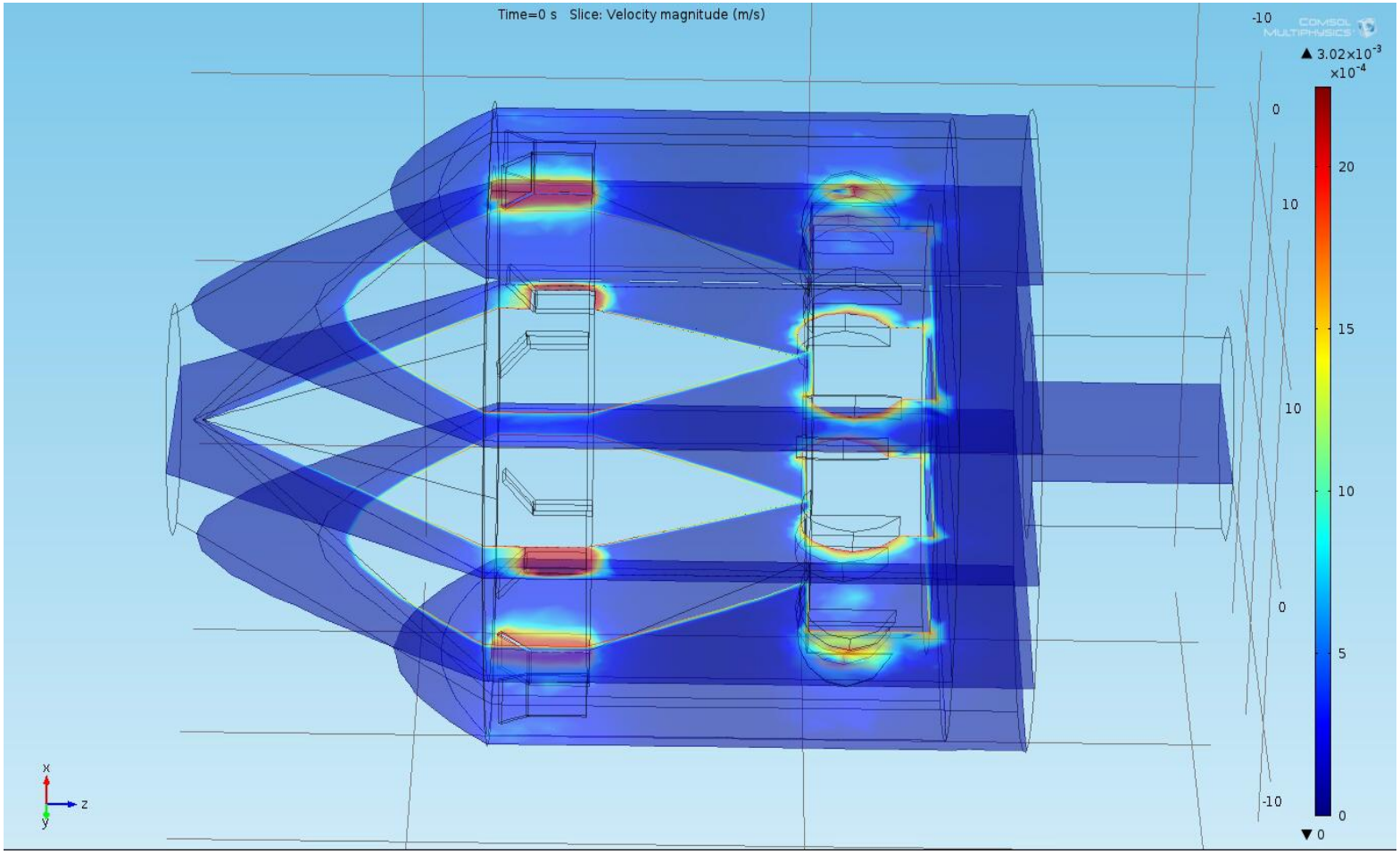
Гидротурбина бойындағы қысымның таралуы

Судың жылдамдығының бағыты X, Y, Z өсімен

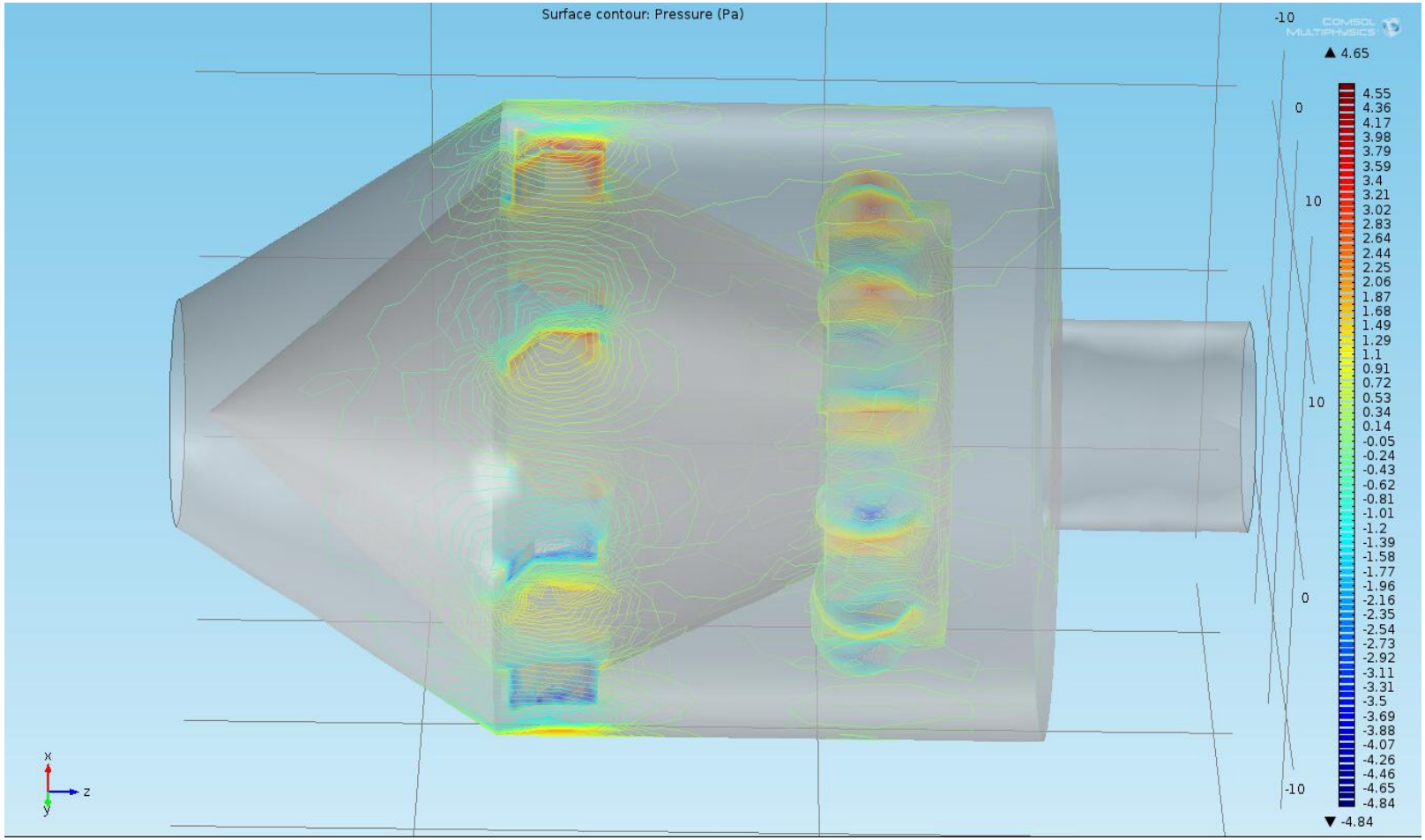


Rotating machinery

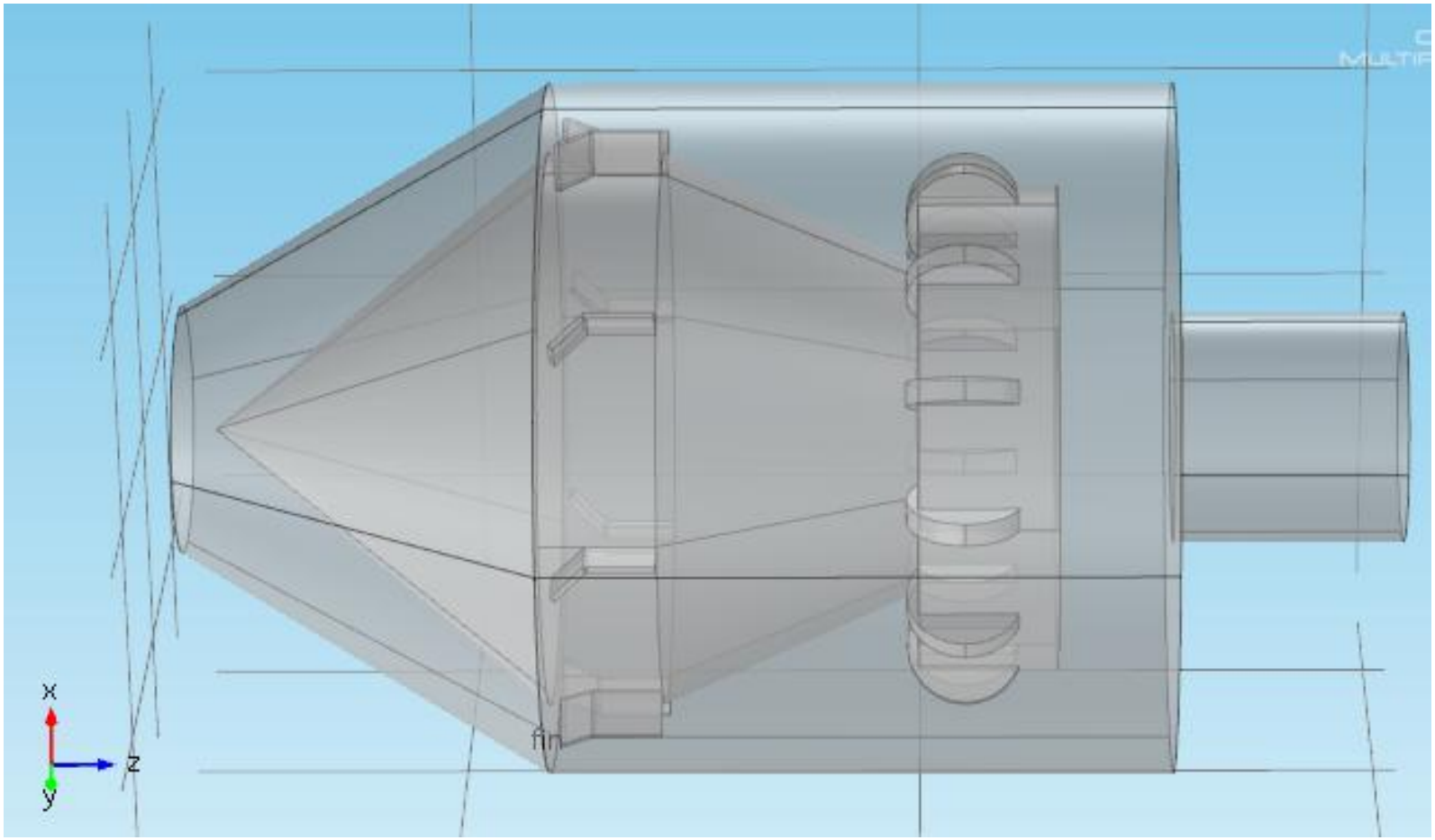
Гидротурбина бойындағы судың жылдамдығының өзгерісі



Гидротурбина бойындағы қысымның таралуы

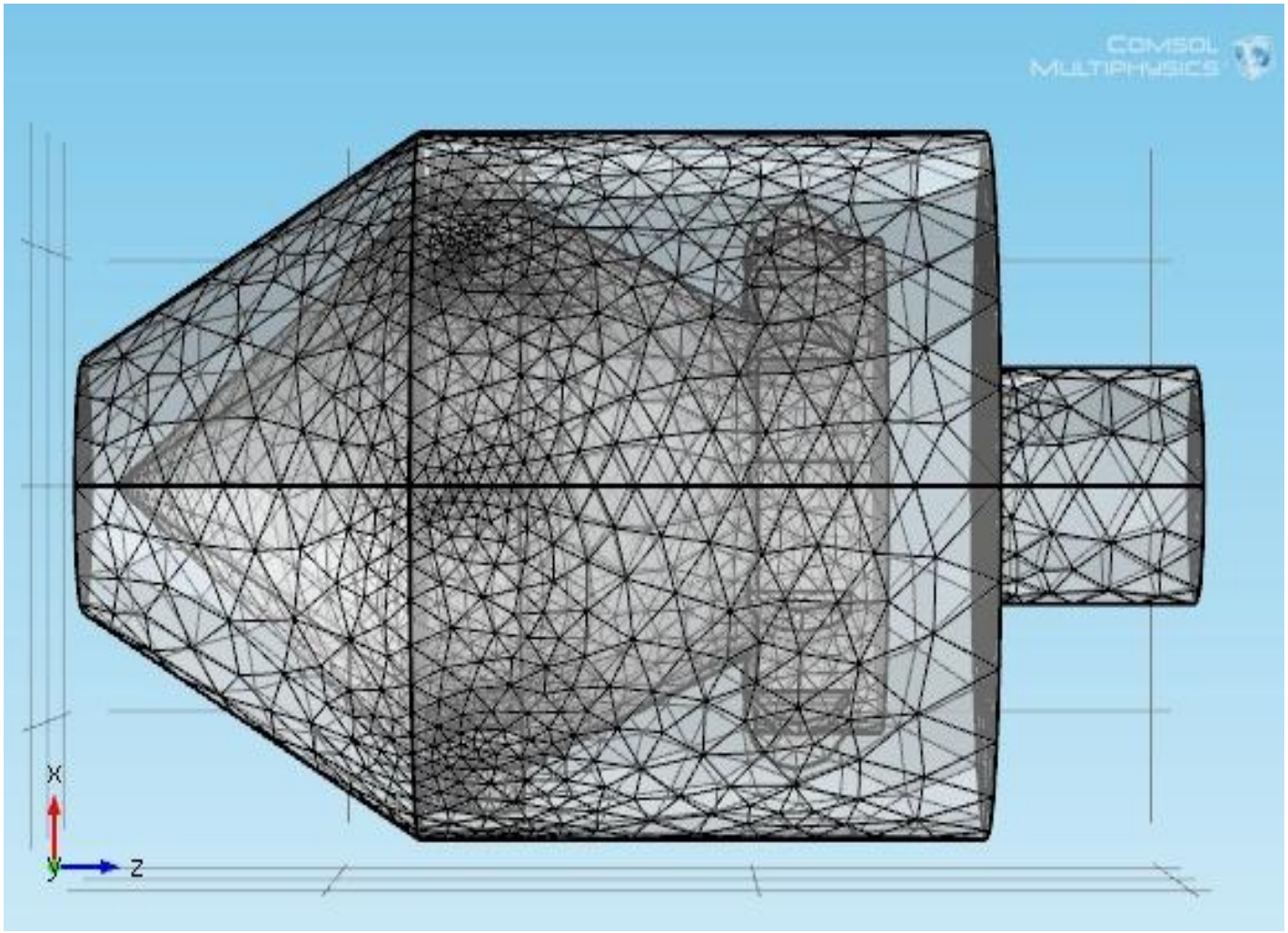


Гидротурбина роторын айналмайды деп қарастырғандағы сызбасы



Laminar flow

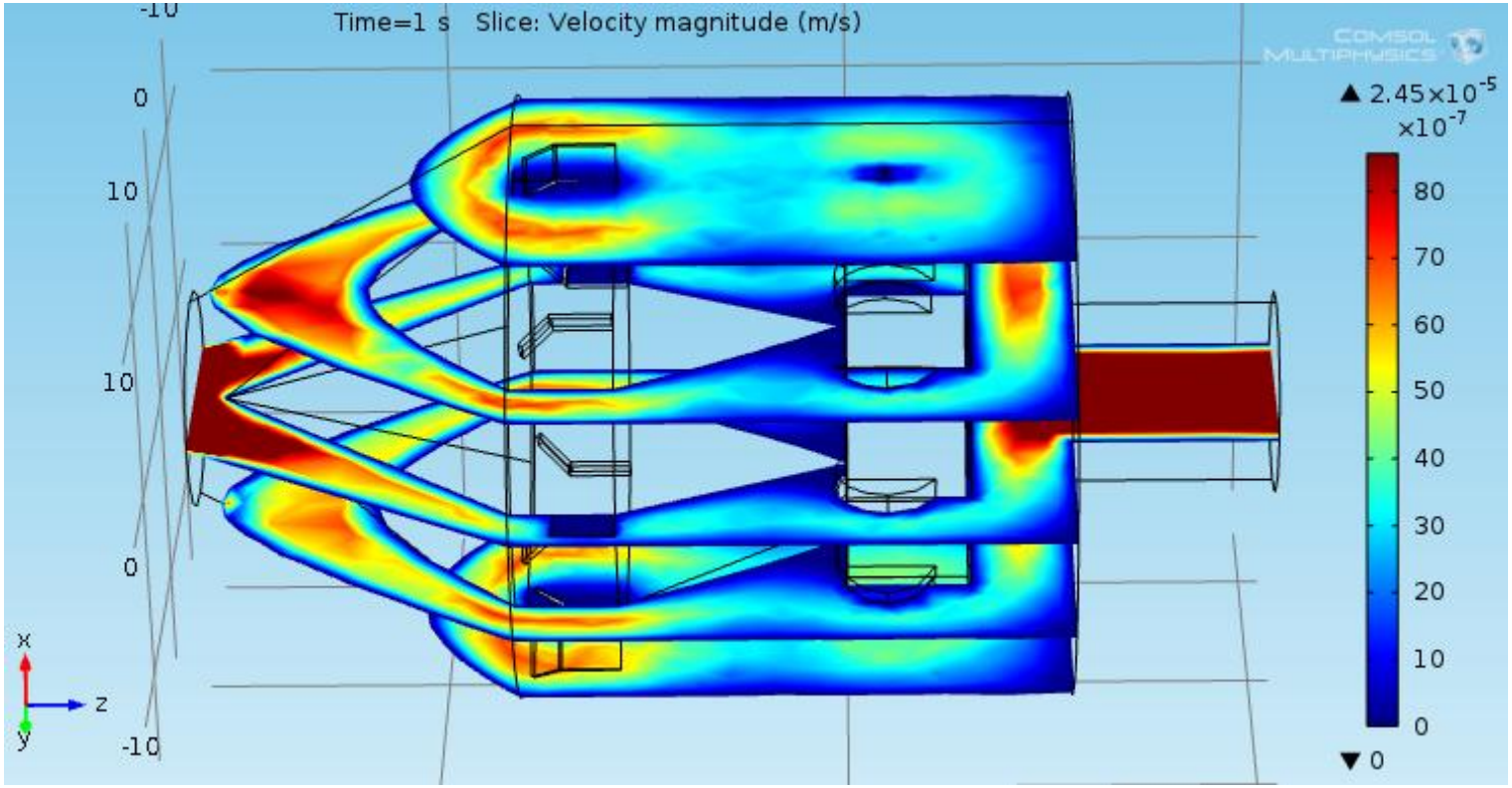
Гидротурбина бойындағы тордың сызбасы



Rotating machinery

Гидротурбина бойындағы судың жылдамдығының өзгерісі

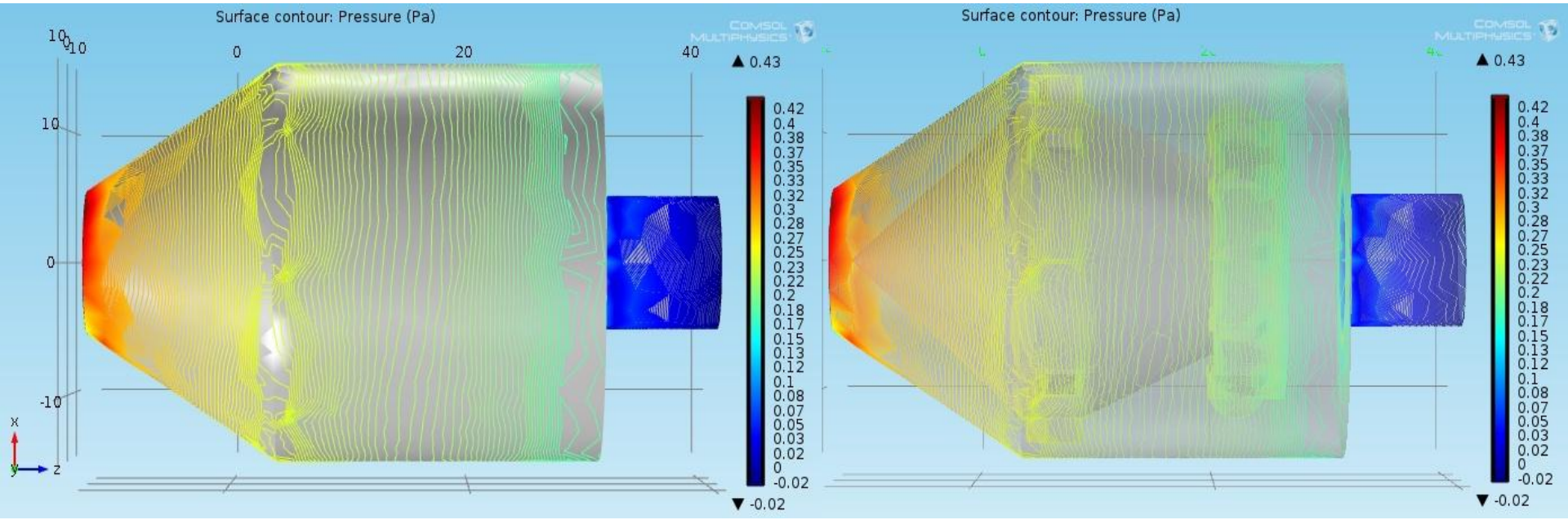
Судың жылдамдығының бағыты X, Y, Z өсімен



Laminar flow

Гидротурбина бойындағы қысымның таралуы

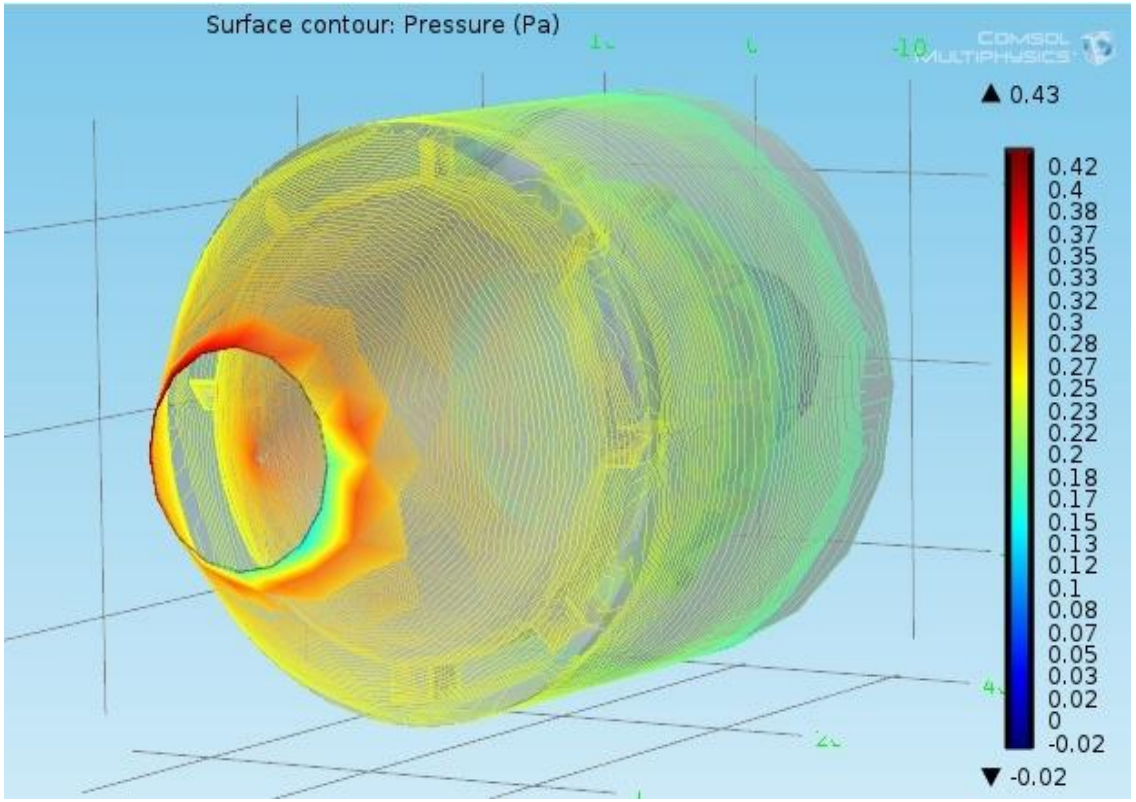
Судың жылдамдығының бағыты X, Y, Z өсімен



Laminar flow

Гидротурбина бойындағы қысымның таралуы

Судың жылдамдығының бағыты X, Y, Z өсімен

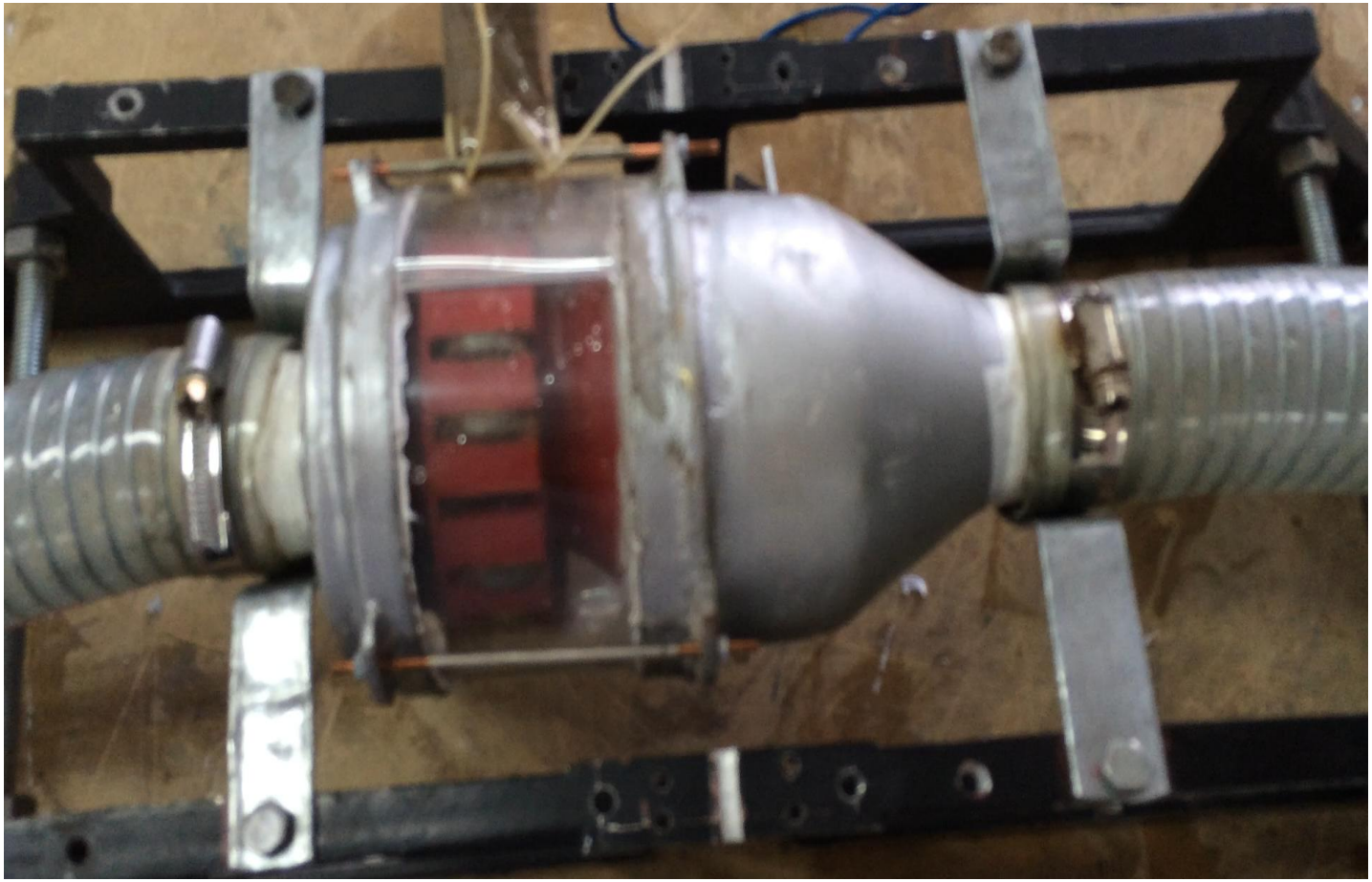


Laminar flow

Гидротурбинада тәжірибелік зерттеулер жүргізу

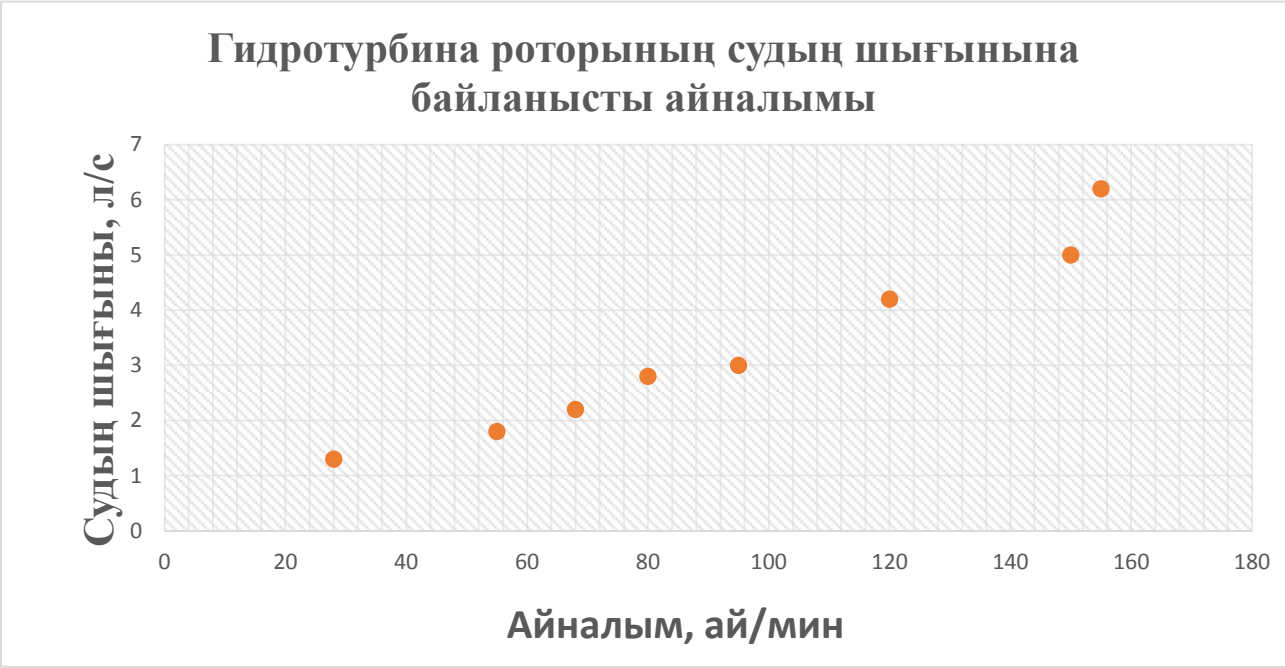
Зерттеу жүргізіліп жатқан кездегі тәжірибелік қондырғы

Гидротурбинада тәжірибелік зерттеу жүргізу



Судың шығынына байланысты гидротурбинаның көрсеткіші

№	Судың шығыны, л/с	1 Минуттағы айналым	Электр энергиясын өндіру, Вт
1	1,3	28	0,5
2	1,8	55	0,7
3	2,2	68	1,4
4	2,8	80	4,5
5	3	95	5
6	4,2	120	6,2
7	5	150	8
8	6,2	155	8,1


Гидротурбина роторының судың шығынына байланысты айналымы
Судың шығыны, л/с
0
1
2
3
4
5
6
7
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
Айналым, ай/мин

Гидротурбина роторының айналымына байланысты электр қуатының өндірілуі
Айналым, ай/мин
0
20
40
60
80
100
120
140
160
180
0
1
2
3
4
5
6
7
8
9
Электр Қуатын Өндіру, Вт

Гидротурбинаның Пайдалы Әсер Коэффициенті

Гидротурбинаға келетін ағынның қуаты:

$$N = 9.81QH, квт.$$

Гидротурбина арқылы артатын қуат (тиімді):

$$N_{Эф} = 9,81QH\eta, квт.$$

$$\upsilon_u = \sqrt{2gH},$$

Гидротурбинаның толық ПӘК:

$$\eta_T = \frac{N_{Эф}}{N} = \frac{M\omega}{\gamma QH},$$

$$M = \rho Q[(\upsilon_u r)_1 - (\upsilon_u r)_2] = \frac{\rho Q}{2\pi}[\Gamma_1 - \Gamma_2],$$ **немесе**

$$\Gamma_1 = 2\pi(\upsilon_u r)_1; \Gamma_2 = 2\pi(\upsilon_u r)_2;$$

$$(\upsilon_u r)_1 = \Gamma_1 / 2\pi; (\upsilon_u r)_2 = \Gamma_2 / 2\pi;$$

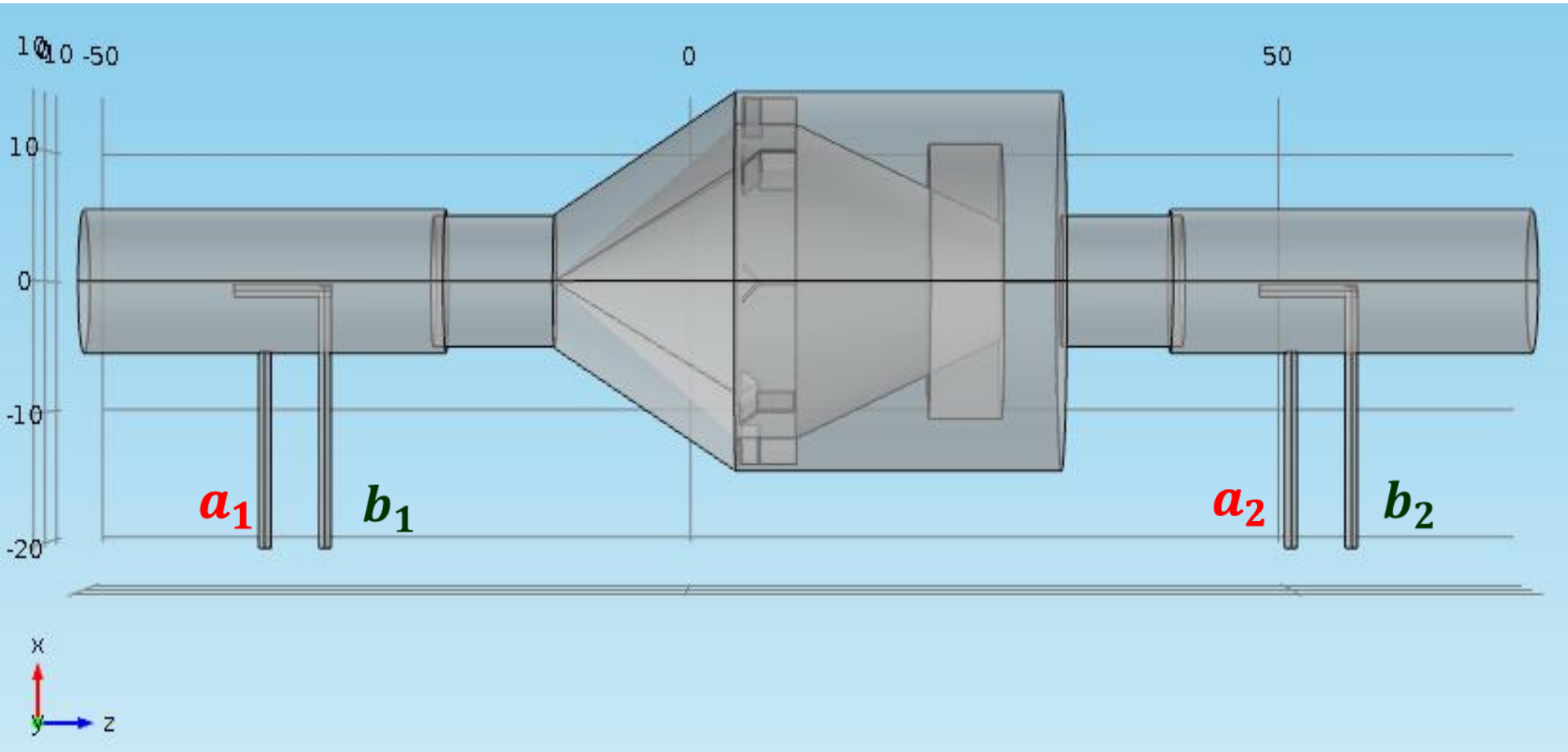
$$M = \frac{\gamma Q}{g}\frac{z\Gamma_л}{2\pi}, \quad \Gamma_л = \int_1^2 \gamma(s)ds,$$

$\Gamma_л$ **- циркуляция вокруг лопастей;** ds **- элемент скелета профиля;** $\omega = \frac{\upsilon_u}{r}; \ \gamma = \rho g;$

$\gamma(s)$ **- удельная плотность вихрей, размещенных профилей лопасти;**

$$\upsilon_u = \sqrt{2gH},$$

a_1, a_2: $p = \rho g H,$ b_1, b_2: $P = \rho g H + \dfrac{p\vartheta^2}{2},$



Гидротурбина моделінің ПӘК-н толық көлеміне (натурный) есептеу

Толық көлемді гидротурбинаның ПӘК-і :

$$\eta_н = \eta_м + \Delta\eta,$$

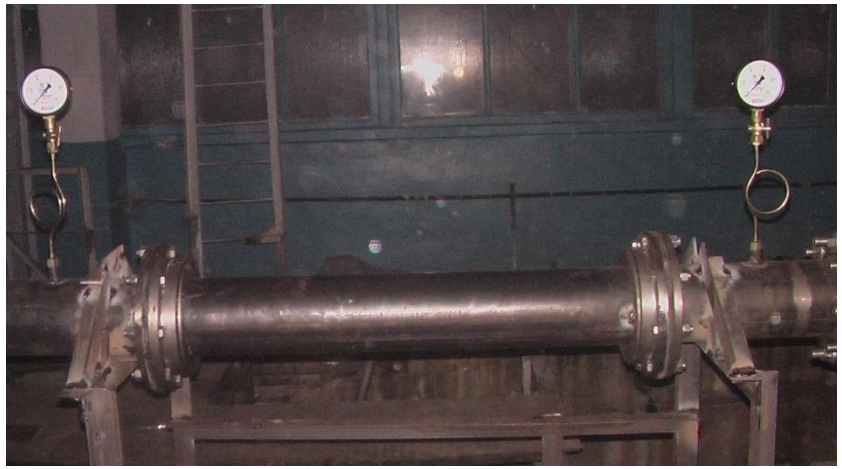
$\eta_м$ - **модельдің пәк-і;**

$\Delta\eta$ - **гидротурбинаның диаметрі мен арынын ескеретін пәк-ті дұрыстаушы**

Толық көлемді гидротурбинаның ПӘК-н есептейтін Аккерета формуласы:

$$1 - \eta_н = 0{,}5(1 - \mu_м)\left[1 + \left(\frac{\mathrm{Re}_м}{\mathrm{Re}_н}\right)^{1/5}\right].$$

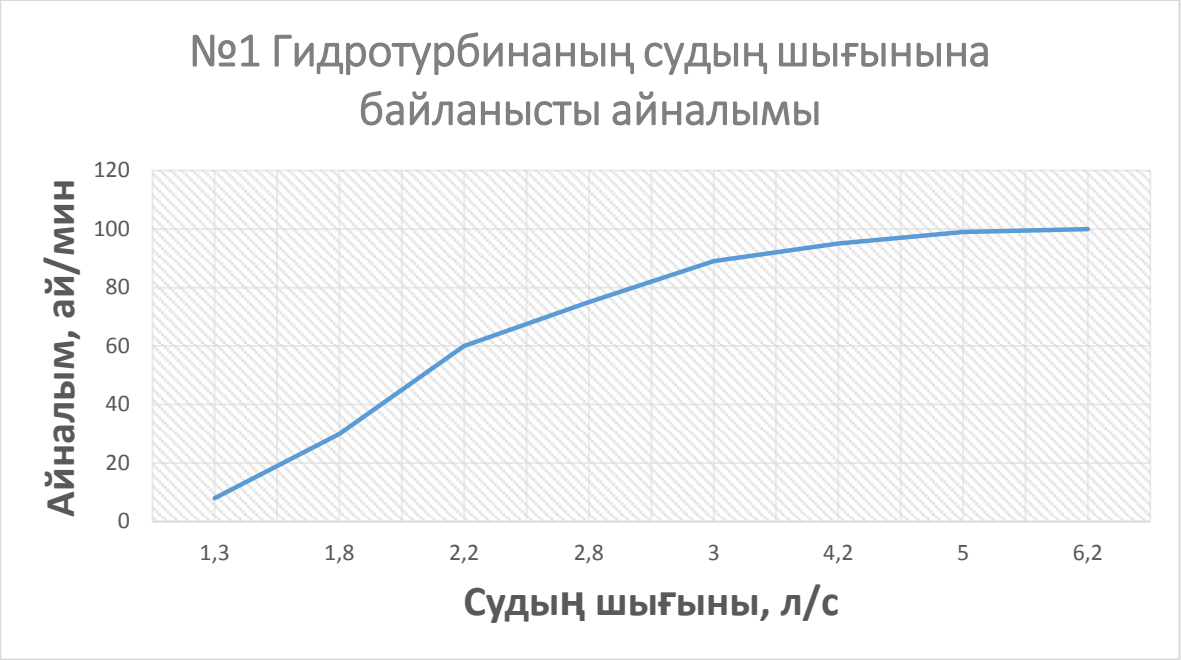
Гидротурбиналардың тәжірибелік модельдері

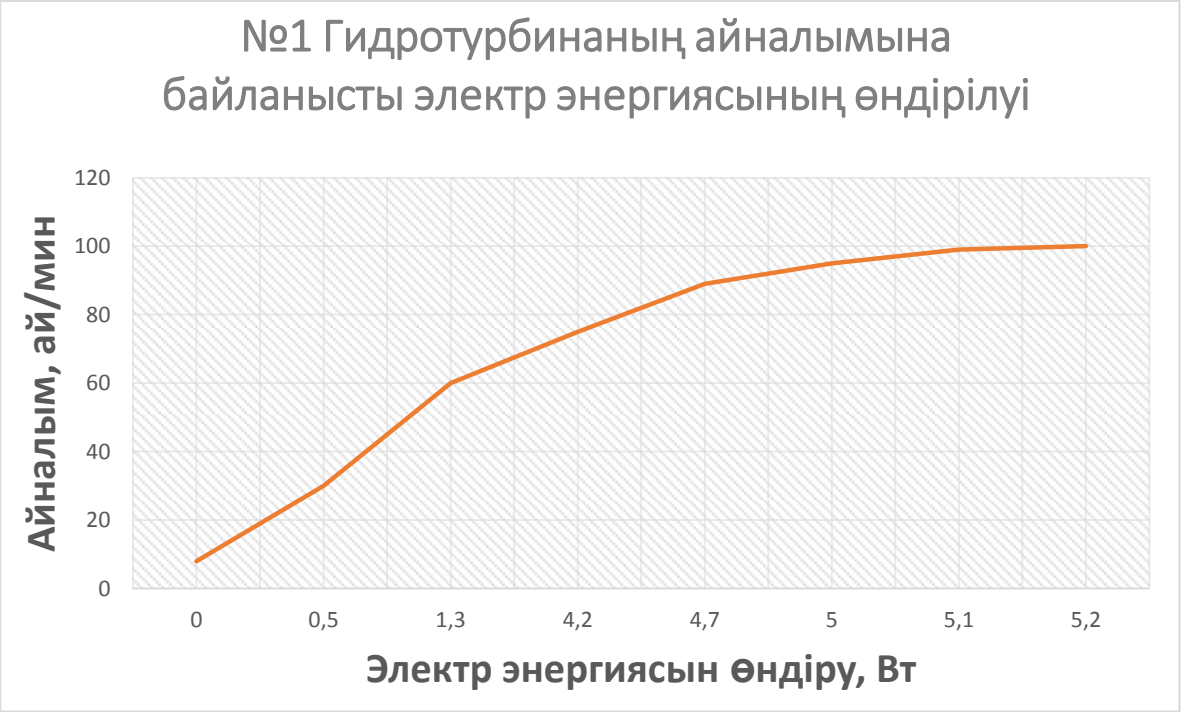


№2 Гидротурбинаның жалпы түрі

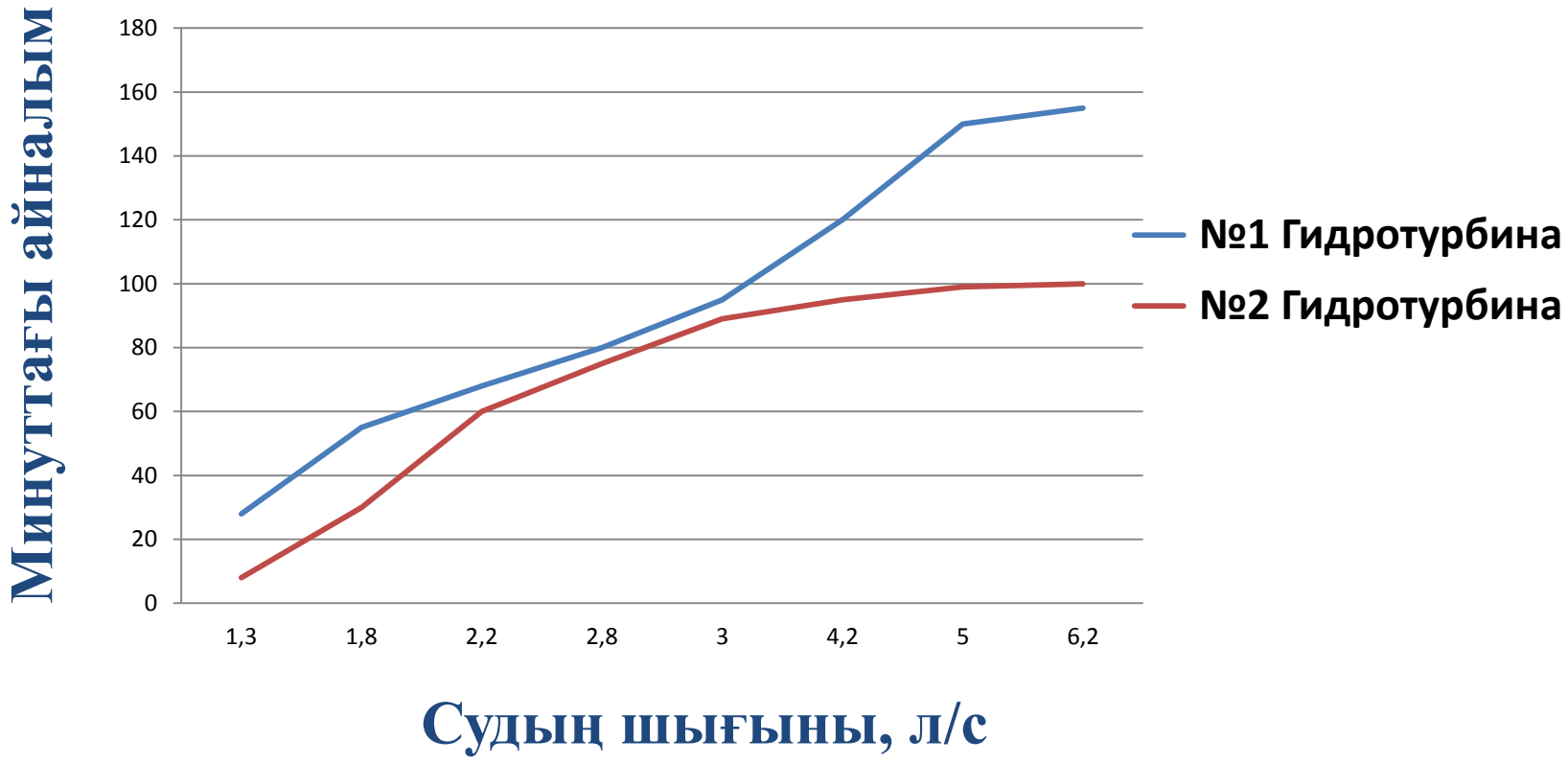
Судың шығынына байланысты гидротурбинаның көрсеткіші

№	Судың шығыны, л/с	1 Минуттағы айналым	Электр энергиясын өндіру, Вт
1	1,3	8	0
2	1,8	30	0,5
3	2,2	60	1,3
4	2,8	75	4,2
5	3	89	4,7
6	4,2	95	5
7	5	99	5,1
8	6,2	100	5,2

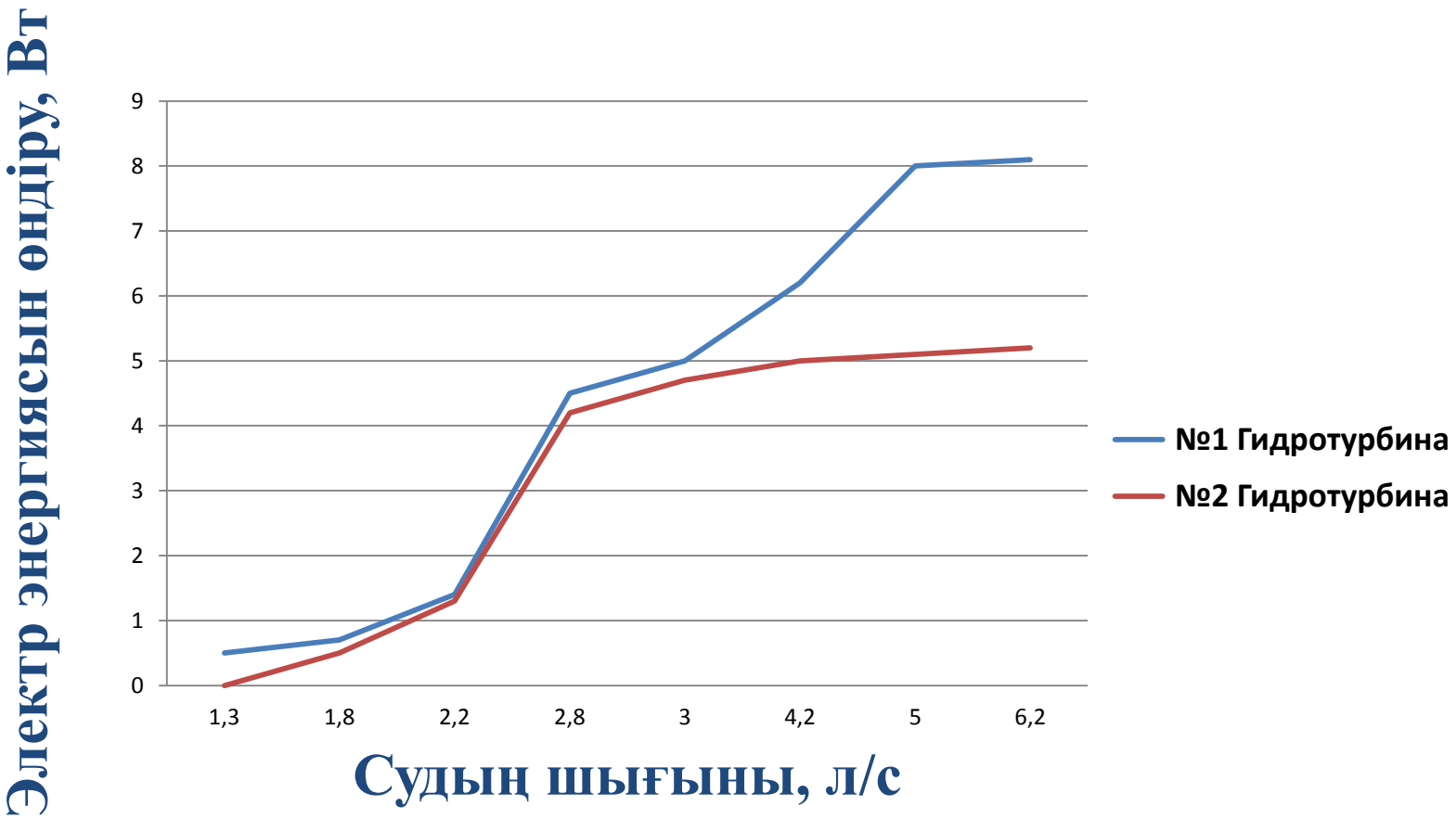

№1 Гидротурбинаның судың шығынына байланысты айналымы
Айналым, ай/мин
120
100
80
60
40
20
0
1,3
1,8
2,2
2,8
3
4,2
5
6,2
Судың шығыны, л/с


№1 Гидротурбинаның айналымына байланысты электр энергиясының өндірілуі
Айналым, ай/мин
120
100
80
60
40
20
0
0
0,5
1,3
4,2
4,7
5
5,1
5,2
Электр энергиясын өндіру, Вт

Судың шығынына байланысты гидротурбиналардың көрсеткіштері



Судың шығынына байланысты гидротурбиналардың көрсеткіштері



Публикациялар:

- **ВЕСТНИК** КазНУ №1(84) 2015, СЕРИЯ МАТЕМАТИКА, МЕХАНИКА, ИНФОРМАТИКА **« БӨГЕТСІЗ ГЭС-ТЕРДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН БІР БАҒЫТТАҒЫ АҒЫС ГИДРОТУРБИНАСЫНЫҢ ТИІМДІ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ МАҚСАТЫНДА ЖҮРГІЗІЛГЕН ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУЛЕР»**

- Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті 2015 жыл 10 сәуір «Ғылым және білім - 2015» атты Х Халықаралық ғылыми конференция **«БӨГЕТСІЗ ГЭС-ТЕРДЕ ҚОЛДАНЫЛАТЫН БІР БАҒЫТТАҒЫ АҒЫС ГИДРОТУРБИНАСЫНЫҢ ТИІМДІ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ»**

- Қазақ Мемлекеттік Қыздар Педагогикалық Университеті 2014 жыл 16 сәуір «Сапалы білім, озық ғылым, жасыл эканомика – ғаламшар болашағы» атты халықаралық ғылыми-практикалық конференция **«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЕ ПОТОКА ВОДЫ ПРЯМОТОЧНОЙ ГИДРОТУРБИНЕ»**

- МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ СТУДЕНТОВ И МОЛОДЫХ УЧЕНЫХ «ӘЛ-ФАРАБИ ӘЛЕМІ» (13-16 апреля 2015г.) **« БӨГЕТСІЗ ГЭС-ТЕР ҮШІН БІР БАҒЫТТАҒЫ АҒЫС ГИДРОТУРБИНАСЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ ЖОЛЫНДАҒЫ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУЛЕР»**

- Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті 2014 жыл 11 сәуір «Ғылым және білім - 2014» атты IX Халықаралық ғылыми конференция **« БӨГЕТСІЗ ГЭС-ТЕР ҮШІН БІР БАҒЫТТАҒЫ АҒЫС ГИДРОТУРБИНАСЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ ЖОЛЫНДАҒЫ ТЕОРИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУЛЕР »**

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

- AEROTHERMODYNAMICS OF TURBOMACHINERY, ANALYSIS AND DESIGN, Naixing Chen, Institute of Engineering Thermophysics, Chinese Academy of Sciences, China, 2010. – 461 p.
- НОВЫЕ ЧИСЛЕННЫЕ МОДЕЛИ ГИДРОДИНАМИКИ ТУРБОМАШИН, Авдюшенко Александр Юрьевич , Новосибирск – 2013.
- COMSOL Multiphysics User’s Guide, May 2012, 1292p.
- Introduction to COMSOL Multiphysics, December 2013, 162 p.
- Turbulent Flows by Stephen B. Pope, October 2000, Cornell University, 773 p.
- The Most Accurate and Advanced Turbulence Capabilities, Peyman Davoudabadi, Confidence by Design Workshop , Chicago, IL June 14, 2012 ,
- Заявка на инновационный патент № 2015/0277.1. Гидроагрегат. Кошумбаев М.Б., Босинов Д.Ж. и др. Дата регистрации: 26 февраля 2015 года.
- Инновационный патент № 28725. Гидроагрегат. Кошумбаев М.Б, Боканов Б.Б., Квасов П.А., Мырзакулов Б.К., Ержан А.А. Опубл. 15.07.2014, бюл. №7.
- Ковалев Н.Н., Гидротурбины.изд. 2-е, М-Л, 1971.-224 с.
- Барлит В.В., Гидравлические турбины. Киев.:Вища школа, 1977. -390 с.
- Смирнов И.Н., Гидравлические турбины и насосы. М: Высшая школа, 1969.-193 с.
- Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газов /Учебник для ВУЗов. – М.: Наука, 1987. – 840 с.
- Косторной С.Д. и др. Расчет обтекания лопаток направляющего аппарата гидравлической турбины // Гидр. Машины.- Харьков, 1992.-Вып. 26.-С. 18-24.

Назарларыңызға рахмет!

Математикалық моделі

$$\rho\frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u}\cdot\nabla)\mathbf{u} = \nabla\cdot[-p\mathbf{I} + \mu(\nabla\mathbf{u} + (\nabla\mathbf{u})^T)] + \mathbf{F}$$

$$\rho\nabla\cdot\mathbf{u} = 0$$

Inlet: $\boldsymbol{u} = \boldsymbol{u}_0$

Outlet: $[-p\mathbf{I} + \mu(\nabla\mathbf{u} + (\nabla\mathbf{u})^T)]\mathbf{n} = -\hat{p}_0\mathbf{n}$

$$\hat{p}_0 \leq p_0$$

Periodic flow condition: $\mathbf{u}_{\text{source}} = \mathbf{u}_{\text{dest}}, p_{\text{source}} = p_{\text{dest}}$

Wall: $\mathbf{u} = \mathbf{0}$

Қалақша

Математикалық моделі

Fluid Properties:

$$\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla)\mathbf{u} = \nabla \cdot \left[-p\mathbf{I} + \mu(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) \right] + \mathbf{F}$$

$$\rho \nabla \cdot \mathbf{u} = 0$$

Wall: $\mathbf{u} = 0$

Rotating wall:

$$\mathbf{u}_w = \mathbf{u}_w$$

$$\mathbf{u}_w = \left(\frac{\partial \mathbf{x}}{\partial t} \right) \Big|_{\mathbf{x}}$$

Inlet: $\mathbf{u} = \mathbf{u}_0$

Outlet:

$$\left[-p\mathbf{I} + \mu(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) \right] \mathbf{n} = -\hat{p}_0 \mathbf{n}$$

$$\hat{p}_0 \le p_0$$

Rotating Domain:

$$d\mathbf{x} = d\mathbf{x}(\mathbf{r}_{bp}, \omega, t)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = w$$

Гидротурбина роторы айналады деп қарастырылған жағдай

Математикалық моделі

Fluid Properties: $\rho \frac{\partial \mathbf{u}}{\partial t} + \rho(\mathbf{u} \cdot \nabla)\mathbf{u} = \nabla \cdot \left[-p\mathbf{I} + \mu(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) \right] + \mathbf{F}$

$\rho \nabla \cdot \mathbf{u} = 0$

Wall: $\mathbf{u} = 0$

Inlet: $\mathbf{u} = \mathbf{u}_0$

Outlet: $\left[-p\mathbf{I} + \mu(\nabla \mathbf{u} + (\nabla \mathbf{u})^T) \right] \mathbf{n} = -\hat{p}_0 \mathbf{n}$

$\hat{p}_0 \leq p_0$

Гидротурбина роторы айналмайды деп қарастырылған жағдай