УДК 621.

Построение графиков производительности шестерёнчатого насоса

Студенты гр. 10706122 Шило Н.Ю., гр. 10706121 Розов Д.В.
Научные руководители – доцент Василёнок В.Д.
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Введение

Шестеренный насос относится к категории объемных насосов прямого вытеснения. Шестерни насоса размыкаются на всасывающем патрубке, что создает вакуумное всасывание. Жидкость попадает в насос в пространстве между шестернями и корпусом насоса, затем шестерни смыкаются и жидкость выталкивается в напорный патрубок. Насос отлично справляется с высоковязкими жидкостями и создаёт ровный поток без пульсаций. Популярность таких насосов обусловлена тем, что они имеют простую, надежную конструкцию и относительно невысокую стоимость

Шестеренчатые насос бывают двух основных исполнений: внешнего зацепления и внутреннего зацепления:

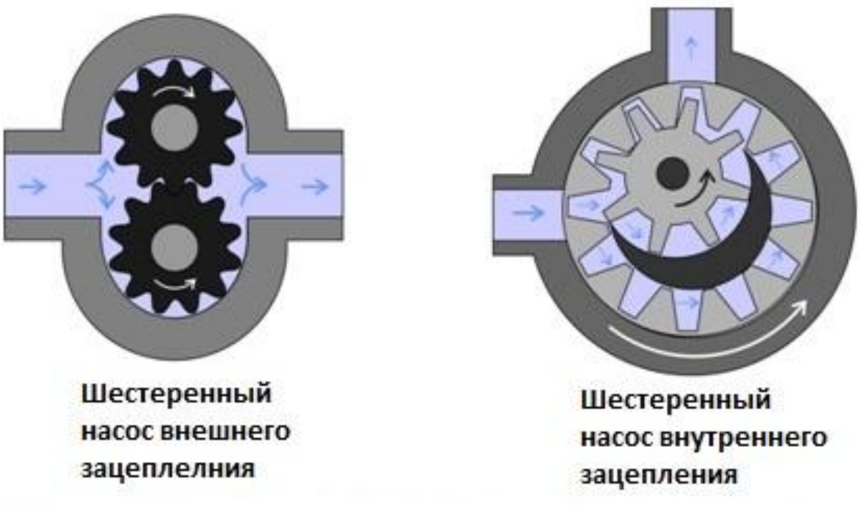

Рис. 1. Виды шестеренчатых насосов

Вывод основной формулы производительности

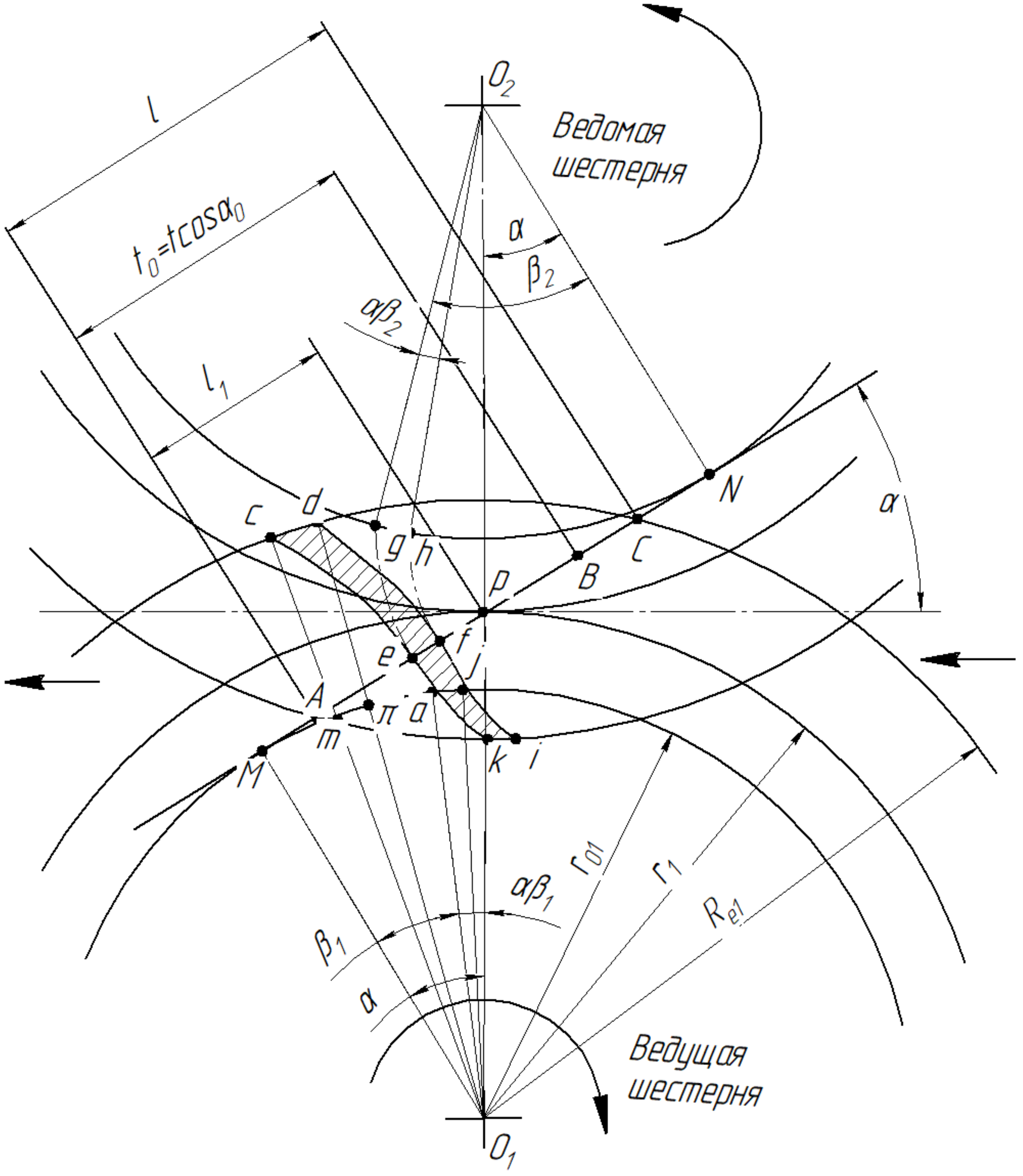

Рис. 2. Чертёж для вывода формулы теоретической производительности НШ

Подача насоса dq за бесконечно малый промежуток времени dt может быть найдена путем определения объема жидкости, вытесняемой соприкасающимися профилями зубьев сцепляющихся шестерен за тот же элемент времени.

За исходное положение выбран момент времени t, при котором профили зубьев касаются в точке е (рис. 2), расположенной от полюса зацепления Р на расстоянии Ре = —х (условимся считать положительным вправо от полюса).

При этом положение профиля ведущего колеса cea характеризуется углом β_1, а положение профиля ведомого колеса keg — углом β_2.

При повороте шестерен на бесконечно малый угол dβ профиль ведущей шестерни примет положение dfi, а профиль ведомой — ifh, и зацепление их произойдёт в точке f, находящейся от е на расстоянии dx

Объём вытесненной за время dt жидкости равен произведению заштрихованной площади между кривыми сек и dfi на ширину куба b:

$$dq = (dScdef + dSejki)b = (dS1 + dS2)b$$

Но площадь dS1 = dScdef можно рассматривать как разность площадей dS3 = dSa/ed и dS4. = dSajef:

$$dS1=dS3-dS4$$

Площадь dS3 = dSajed равна площади dScdmn и равна по величине

$$dS3=\frac{(R_e^2-r_0^2)d\beta}{2}$$

Площадь dS4 = dSajef согласно первому свойству эвольвенты равна

$$dS4=\frac{r_0^2}{6}[(\beta1+d\beta)^3-\beta_1^3]$$

так как она равна разности площадей Mfi и Mea, ограниченных касательными Me и Mf, дугами основной окружности Ma и Mj и эвольвентами еа с углом β1 и if с углом (β1, + dβ1,).

Отбрасывая бесконечно малые величины высших порядков, получим

$$dS4=\frac{r_0^2}{6}*3\beta1^2*d\,\beta=\frac{r_0^2\beta_1^2*d\,\beta}{2}$$

Подставляя уравнения, получим

$$dS1=(\frac{R_e^2-r_0^2}{2}-\frac{r_0^2\beta_1^2}{2})d\beta$$

Площадь dS2=dSefki также найдем как разность площадей dS5 = dSkigh и dS6 = dSefgh:

$$dS2=dS5-dS6$$

Площадь dS5 = dSkigh аналогично предыдущему равна

$$dS5=\frac{(R_e^2-r_0^2)d\beta}{2}$$

а площадь dS6 = dSefgh равна

$$dS4=\frac{r_0^2}{6}[(\beta_2^3-(\beta_2-d\beta)^3]$$

Отбрасывая бесконечно малые величины высших порядков, получим

$$dS6=\frac{r_0^2}{6}*3\beta_2^2*d\beta=\frac{r_0^2\beta_2^2}{2}*d\beta$$

Зависимость между углами β1, и β1, можно найти из следующего:

Длина линии зацепления

$$MN=Me+Ne=UMa + UNg= r0\beta1+r0\beta2=r0(\beta1+\beta2);$$

$$MN=2r0*tga$$

Следовательно

$$r0(\beta1+\beta2)=2r0*tga,$$

Откуда

$$\beta=tga-\beta1$$

Подставляя уравнения, получим

$$dS6=\frac{r_0^2}{2}(4tg^2-4tg\beta_1+\beta_1^2)d\beta$$

$$dS2=[\frac{R_e^2-r_0^2}{2}-\frac{r_0^2}{2}(4tg^2-4tg\beta_1+\beta_1^2)]d\beta$$

Суммируя найденные площади dS1 и dS2 и подставляя их в выражение для dq, найдем формулу

$$dq=b[R_e^2-r_0^2-r_0^2(\beta_1^2-2tg\beta_1+2tg^2)]d\beta$$

Упростим эту формулу:

$$dq=b[R_e^2-r_0^2(1+tg^2)-r_0^2(\beta_1^2-2tg\beta_1+tg^2)]d\beta$$

Или

$$dq=b[R_e^2-\frac{r_0^2}{cos^2}-r_0^2(\beta_1-tg)^2]d\beta$$

но так как $\frac{r_0^2}{cos^2a}$ =r-радиусу начальной окружности r0β1=UMa, т. е. длине касательной Me, r0tga= MP, Следовательно:

$$r_0tg-r_0\beta_1=r_0(tg-\beta_1)=MP-Me=Pe=-x$$

Откуда

$$x=r_0(tg-\beta_1);dx=r_0d\beta;d\beta=\frac{dx}{r_0}$$

Подставляя найденные значения, и в уравнение, получим

$$dq=\frac{b}{r0}(R_e^2-r^2-x^2)dx$$

Для определения закона изменения подачи от начала до конца зацепления пары зубьев необходимо найти мгновенную подачу $\frac{dq}{dt}$ Заменяя в уравнении$\frac{dx}{r0}$ через dβ, а dβ через ωdt получим

$$dq=b(R_{в}^2 - r^2 - x^2)\omega dt$$

Или

$$q_x = \frac{dq}{dt} = b\omega(R_{в}^2 - r^2 - x^2)$$

Формула расчёта производительности для шестерёнчатых насосов выглядит следующим образом:

$$q_x = \frac{dq}{dt} = b\omega(R_{в}^2 - r^2 - x^2)$$

q-объём вытесненной жидкости

b- ширина вытесняемого куба

ω-угловая скорость

Данная формула представляет из себя линейную зависимость квадратов и трёх переменных и произведения $b\omega$, таким образом график данной функции выглядит следующим образом

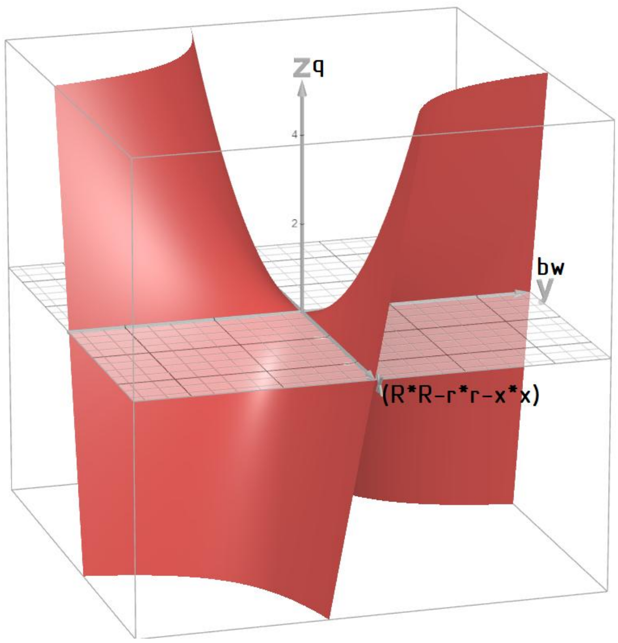

Рис. 3. График зависимости q от произведения параметров

Как и было указано ранее q- объём вытесненной жидкости, таким образом, чем выше произведение ширины куба на угловую скорость или разница квадратов размеров шестерней с их фазой, тем больше объём получаемой жидкости за время dt в каждый из определённых моментов времени, данная зависимость имеет экспоненциальный характер, что можно доказать экспериментально

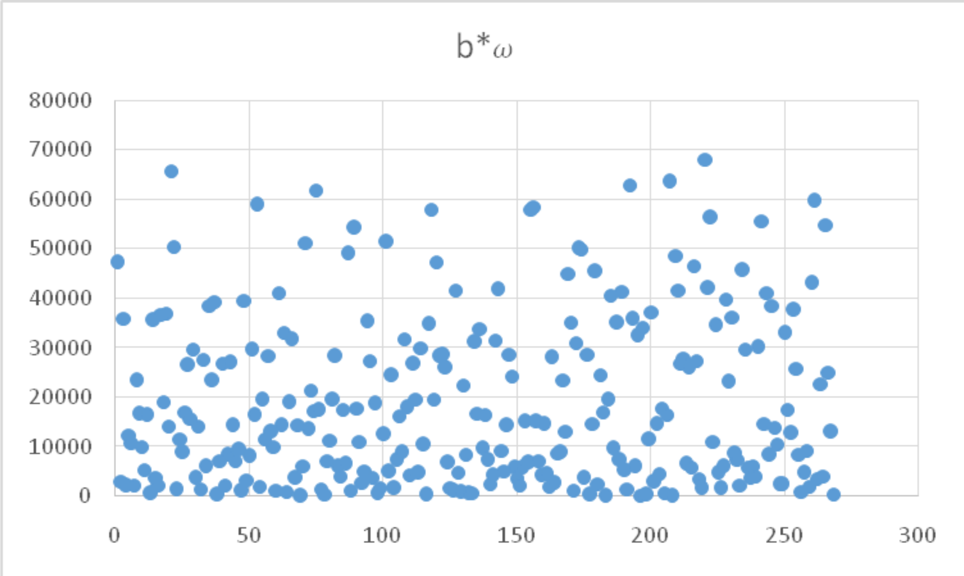

Рис. 4. Случайные результаты произведения случайного b на случайное ω.

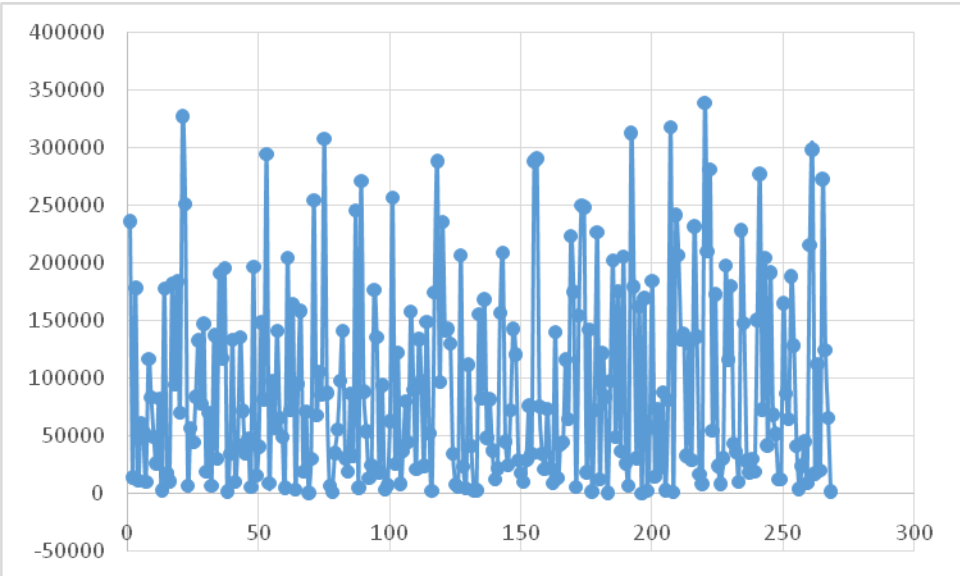

Рис. 5. Объём вытесненной жидкости при суммарном параметре колёс, равном 5

Как видно, при постоянном множителе результаты будут получаться идентичными.

При одном из членов произведения (b, ω или $R_в^2 - r^2 - x^2$), равном нулю мы получим нуль, но, если каждый член не равен нулю мы получим следующие графики:

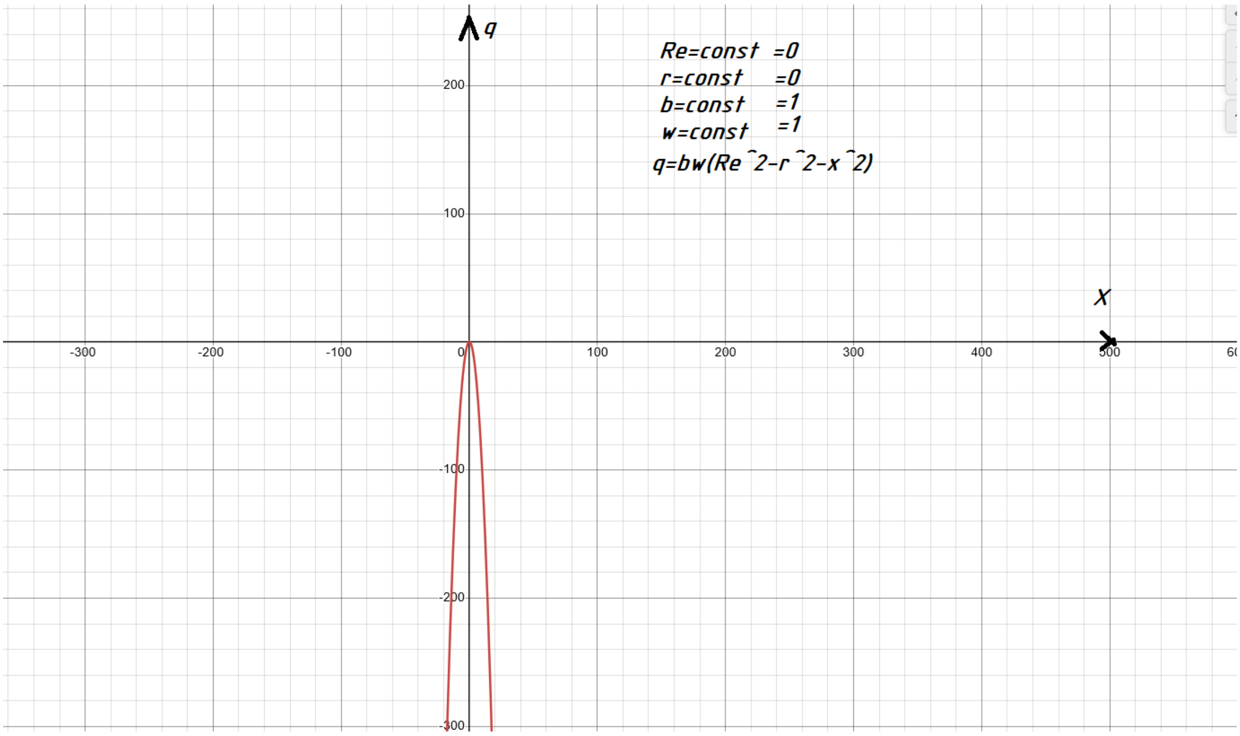

Рис. 6. зависимость q от x или r

Отрицательная парабола

$$q=1*1*(0-0-x^2)=-x^2$$

При изменении Re или r график изменяет свои значения вверх на Re^2-r^2, а зависимость q от r точно такая же, так как x в формуле находится в том же положении, что и r. Если брать зависимость q от Re, то получим

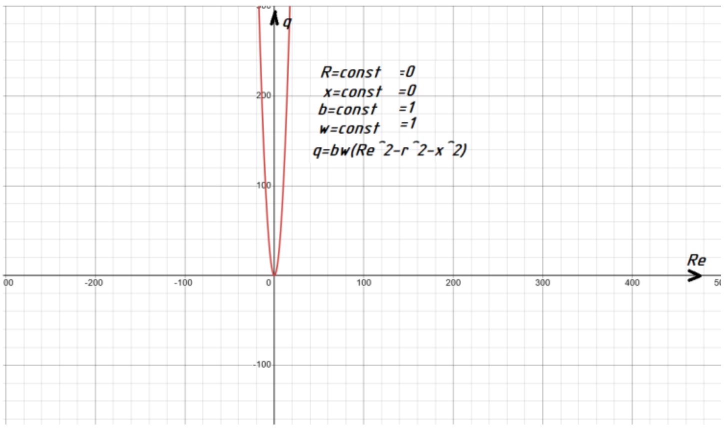

Рис. 7. Зависимость q от Re

$$q=1*1*(Re^2-0-0) = Re^2$$

Зависимость от b или ω такова

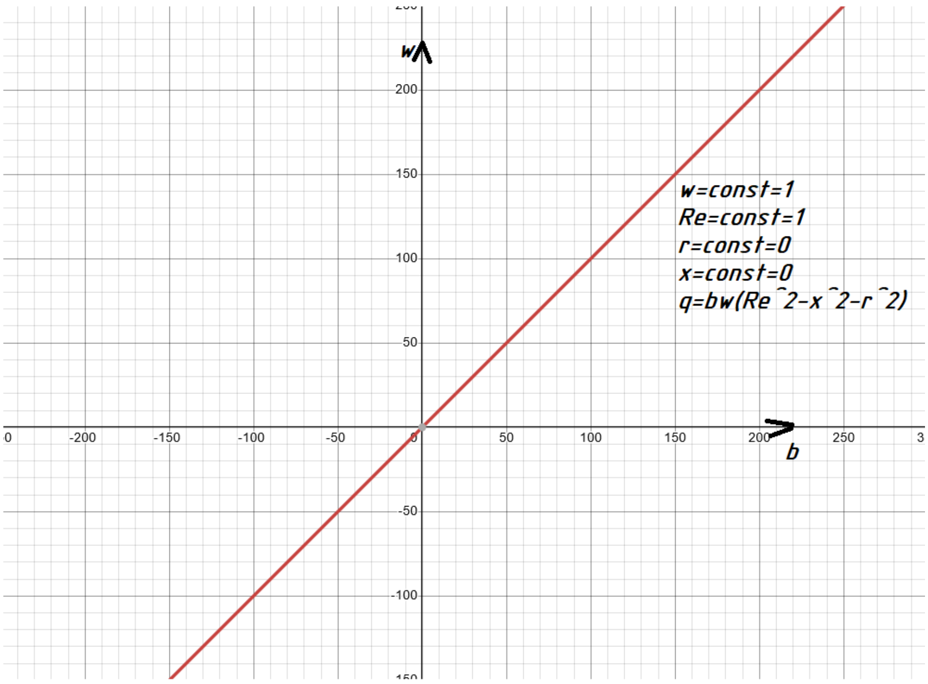

Рис. 8. Зависимость q от b или w

$$q=b*1*(1-0-0)=b$$

Позиция b и ω одинаковы

При одинаковом росте всех параметров получим

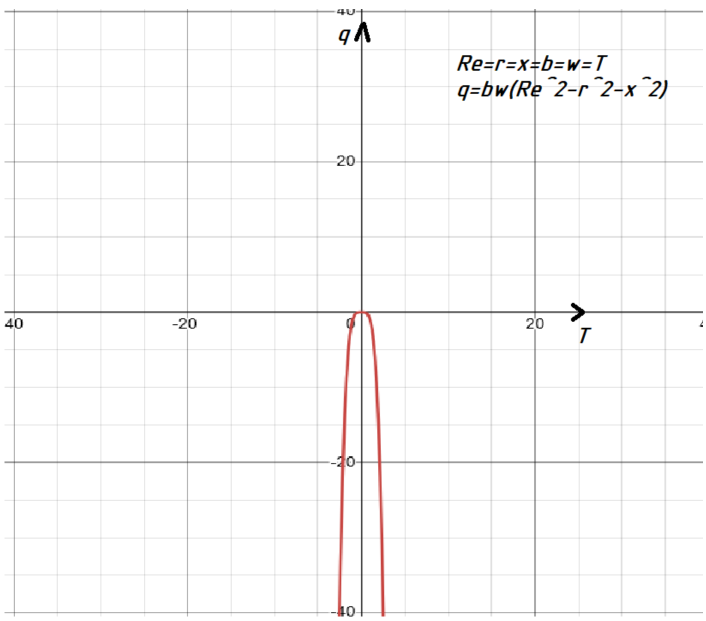

Рис. 9. Зависимость q от всех равновозрастающих параметров.

$$q=T*T*(T^2- T^2- T^2) = T^2(-T^2)=-T^4$$

А вот если будет расти b или ω (оставшееся из которого останется константой, не равной нулю, для наглядности 1), совместно с Re, r и x, то мы получим

$$Q=T*1*(-T^2)=-T^3$$

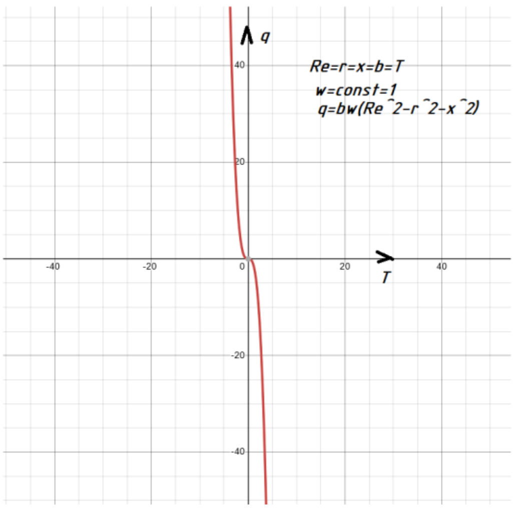

Рис. 10. Зависимость q от b или w, растущего с размерами

Это уже кубическая зависимость, однако мы не можем получить отрицательные параметры, благодаря чему она будет невозможной, и, если нам нужна положительная q, то есть для перекачки жидкости из начала в конец, нам нужна Re большая, чем $\sqrt{r^2+x^2}$, так q, при положительной ω и существующем b(допустим, что они равны 1),имеет такую зависимость

$$q+r^2+x^2=Re^2$$

$$Re=\sqrt{r^2+x^2+q},$$

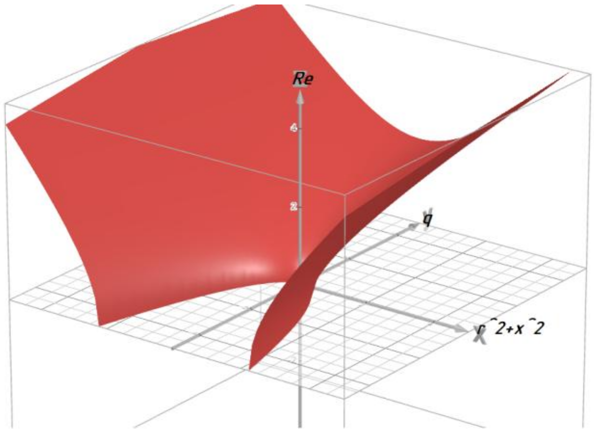

Рис. 11. Зависимость Re от оставшихся размеров и необходимой q

Возьмём q=1(единица объёма в данных условиях), тогда имеем:

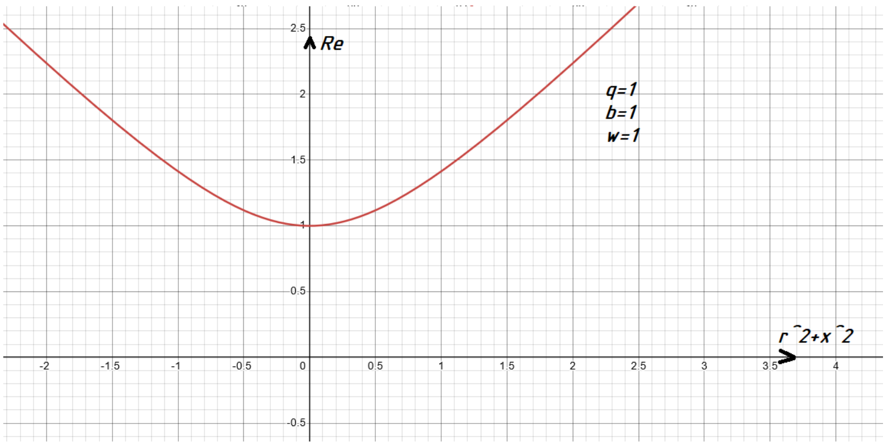

Рис. 12. Зависимость Re от размеров при q=1

Если нам необходимы отдельно параметры r и x, то, исходя из формулы, имеем Re=$\sqrt{r^2+x^2+q}$

q=1, тогда

Re=$\sqrt{r^2+x^2+1}$, возьмёмRe=2, тогда

$$2=\sqrt{r^2+x^2+1}$$

$$4=r^2+x^2+1$$

$3=r^2+x^2$, а это график следующей окружности

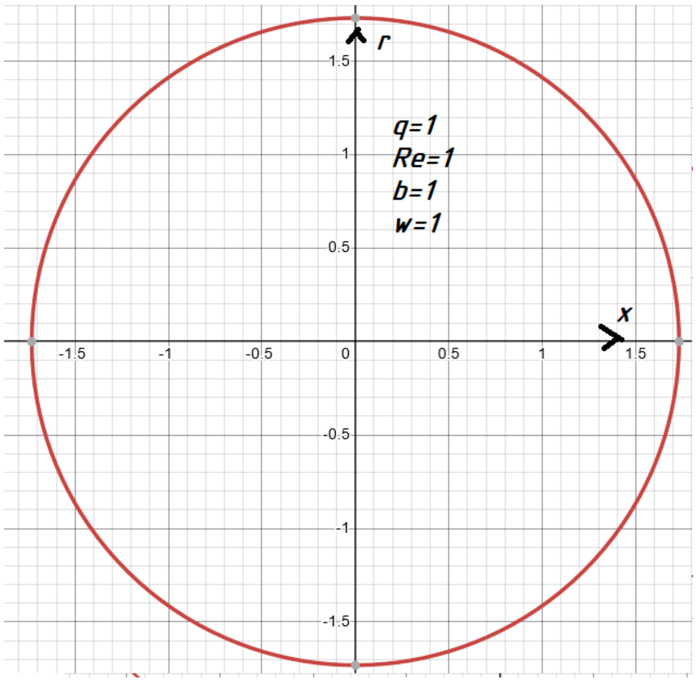

Рис. 13. Зависимость r от x при Re=q=1

Благодаря формуле Re=$\sqrt{r^2+x^2+\frac{q}{b\omega}}$ можно выбрать параметры Re, r и x, а полный график таков:

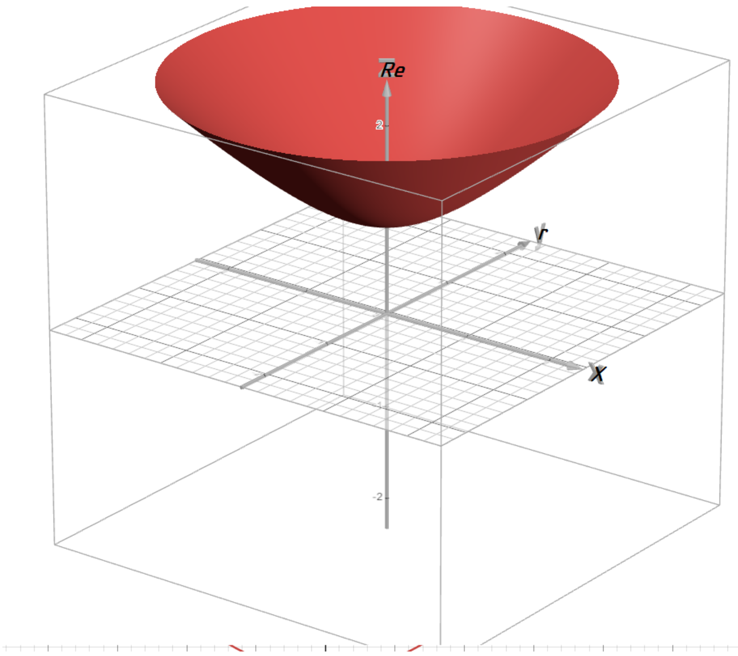

Рис. 14. Зависимость Re от остальных размеров

И расстояние до верхушки данного закруглённого конуса зависит от $\frac{q}{b\omega}$, которые представляют из себя параметры, выбираемые для каждого конкретного случая.

Заключение

Были рассчитаны формулы для расчёта насоса, а также изучена формула, определяющая объём вытесненной жидкости, проверенная на модели, вследствие чего была найдена точная характеристика для зависимости значений, построен график данной зависимости.

Были построены графики так же и для посторонних зависимостей, полезные для выбора значений при конструировании насоса, в зависимости от выполняемых им функций.

Литература

1.Юдин Е.М. Шестеренчатые насосы. Основные параметры и расчёт. – Москва:Машиностроение, 1964 -237с.

2. Насосы НШ. // ПромКомплектЦентр. [Электронный ресурс].

URL:https://www.promkomplektcentr.ru/catalog/nasosy-i-nasosnoe-oborudovanie/nasosy-shesterenchatye/nasos-nsh-shesterennyy-maslonasos-dlya-gidravlicheskikh-system/

3.Шестерёнчатые насосы для общего применения и тяжёлых условий эксплуатации// ТЕХНО-ГРУПП.[Электронный ресурс].

URL:https://tehnogrupp.com/katalog/nasosy-po-tipu/shesterennye-nasosy/

УДК 621.

Исследование динамических нагрузок на здание энергоблока АЭС на примере падения самолета

Студенты гр. 10608122 Ю.С. Ровская, С.А. Лучина
Научный руководитель – старший преподаватель Т.В. Козлова
Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Введение

Основным требованием к атомной электростанции (АЭС) является обеспечение радиационной безопасности. Это означает, что при любых режимах работы необходимо не допустить выброса радиоактивных веществ за пределы гермообъема. Здание реакторного отделения должно