

УДК 621.382

Результаты разработки и расчетно-теоретического исследования агрегата конденсатных насосов для супермощного энергоблока

***Рябцев Е.А.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, НИУ МЭИ,
кафедра «Гидромеханики и гидравлических машин им. В. С. Квятковского»*

***Качан Ю.И.**, студент
Россия, 105005, г. Москва, НИУ МЭИ,
кафедра «Гидромеханики и гидравлических машин им. В.С. Квятковского»*

*Научный руководитель: Моргунов Г.М., д.т.н, профессор
Россия, 105005, г. Москва, НИУ МЭИ
Yurii.kachan@mail.ru*

Излагается инновационное, по нашему мнению, и перспективное проектное решение для подсистемы конденсатных насосов (КН) питательной системы (ПС) сверхмощного энергоблока. Приведенное конструкторское решение в виде агрегата конденсатных насосов (АКН) направлено на дальнейшее повышение надежности, эффективности и ресурса ПС в целом. Проблемы, возникающие при проектировании КН, концепция и схемно-эскизная компоновка АКН, а также гидродинамические и конструкторско-технологические решения полагаются известными [1 – 2].

Были разработаны 3D расчетные модели проточных частей рабочих органов трехрядных насосов, входящих в АКН, в программном пакете *Solidworks* (рис. 1 – 2). Введение трехрядных систем параллельно действующих по подаче решеток позволяет прогнозно снизить пространственную неравномерность и крупномасштабную нестационарность поступающего потока, проявляющихся в наибольшей мере при форсированных подачах и малых напорах, а мультипланый вариант исполнения рабочих органов позволяет снизить интенсивность возможных отрывных явлений в диффузорных проточных каналах, благодаря их меньшей продольной протяженности. Применение мультипланых решеток позволяет прогнозно повысить энергоэффективность осевого рабочего колеса, что особенно важно при эксплуатации КН на крупных ТЭС.

Конфигурация мультипланной геометрии лопастей и лопаток соответствует результатам геометрического расчета рядов [2] и оптимальной конфигурации лопастной системы в первом приближении, полученной по результатам моделирования в пакете программ 3D метода решения прямой трехмерной гидродинамической задачи [4].

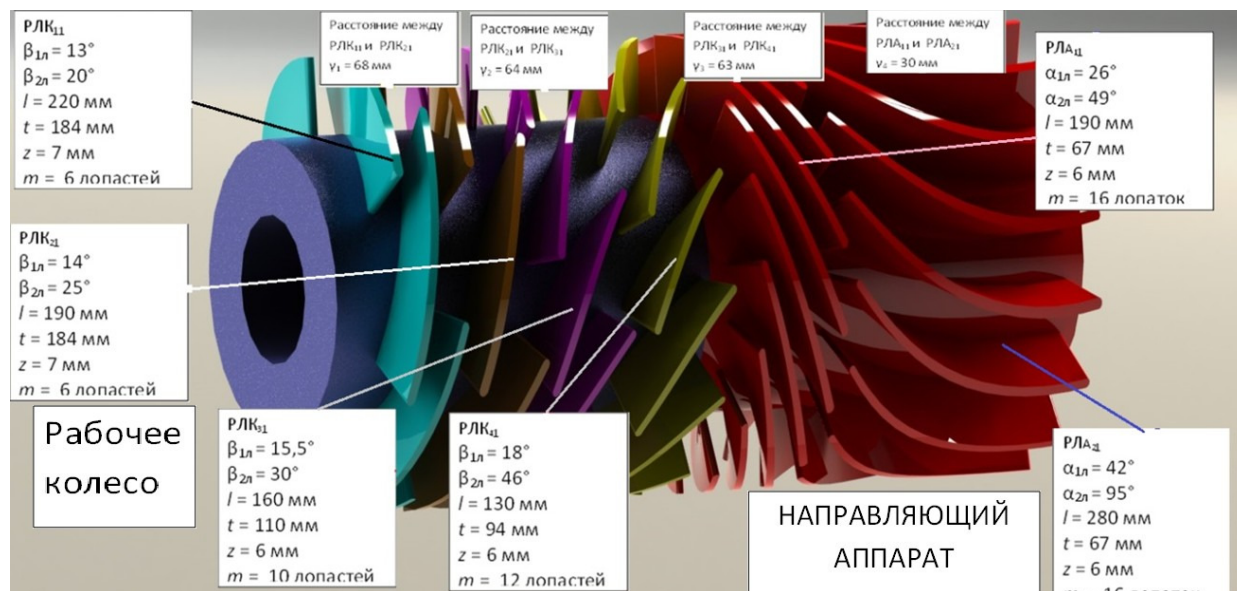


Рис. 1. 3D модель проточной части втулочного ряда рабочих органов конденсатного насоса первого подъема

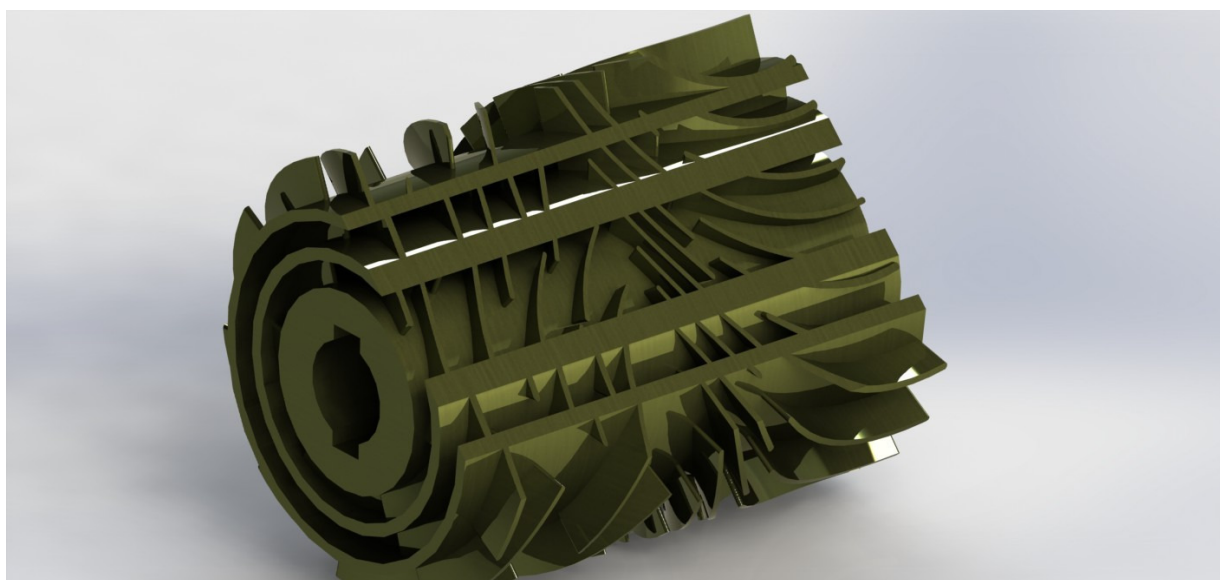


Рис. 2. Трехрядный картридж КН1 с мультипланной системой решеток (без внешнего корпуса)

Ниже представлены результаты моделирования конфигурации лопастей конденсатного насоса первого подъема КН1 на режиме, гарантирующего бескавитационную работу гидромашины (рис. 3 – 6).

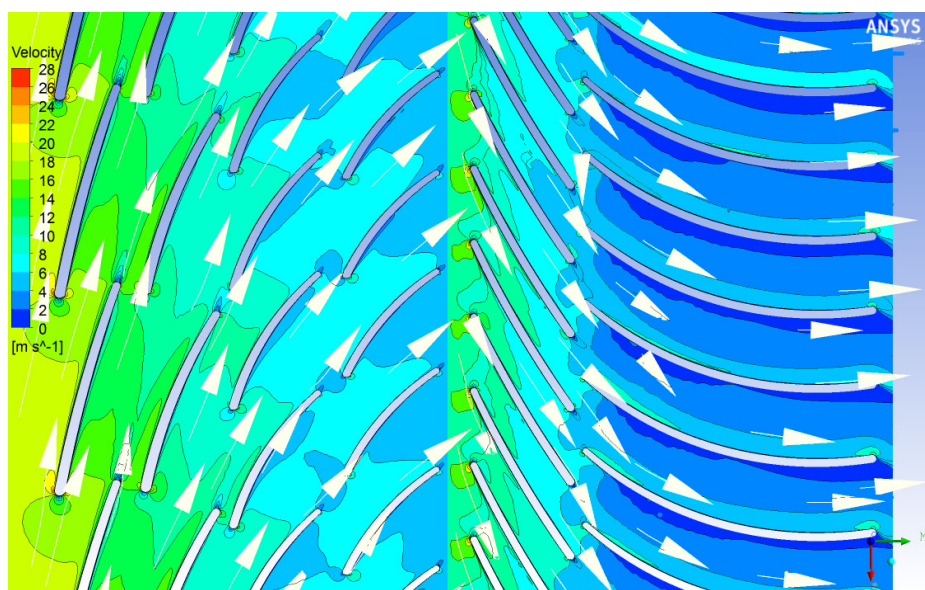


Рис. 3. Эпюра распределения векторов скорости во втулочном ряду картриджа КН1 на номинальном режиме работы по подаче

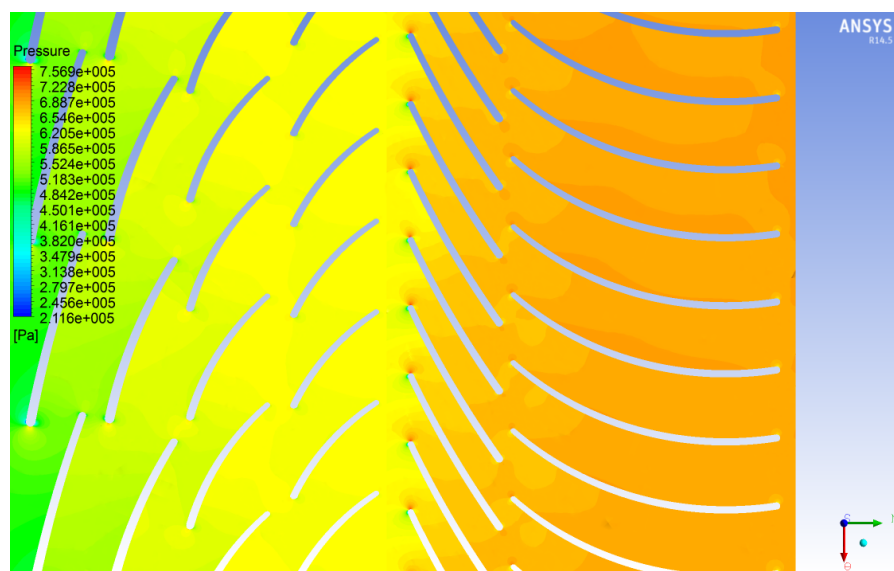


Рис. 4. Эпюра распределения давлений во втулочном ряду картриджа КН1 на номинальном режиме работы по подаче

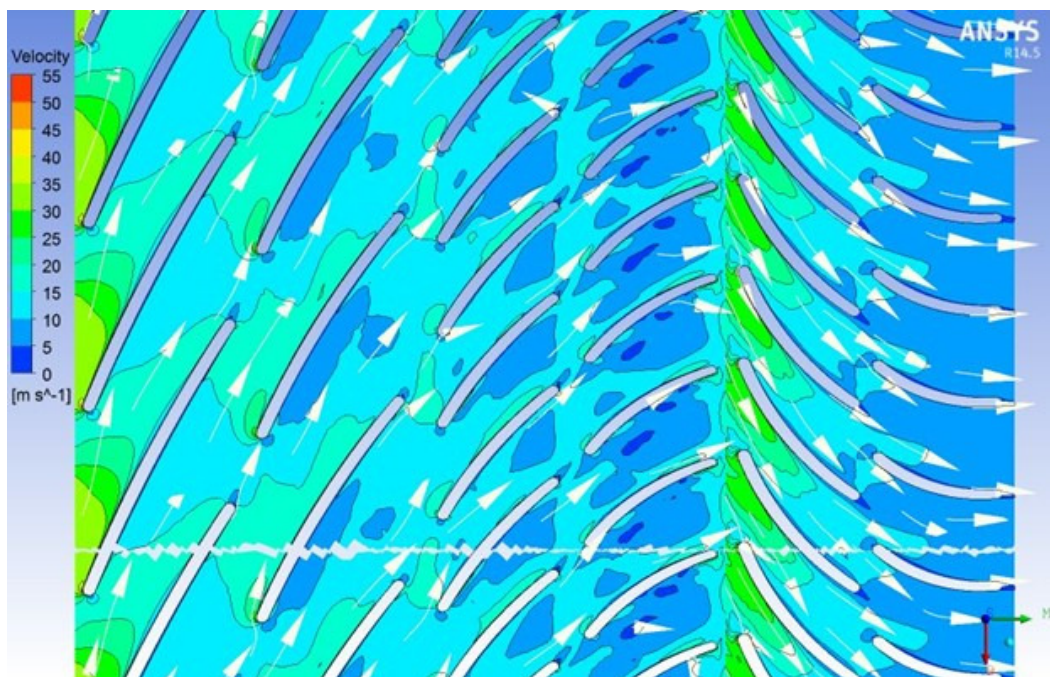


Рис. 5. Эпюра распределения векторов скорости во втулочном ряду картриджа КН2 на номинальном режиме работы по подаче

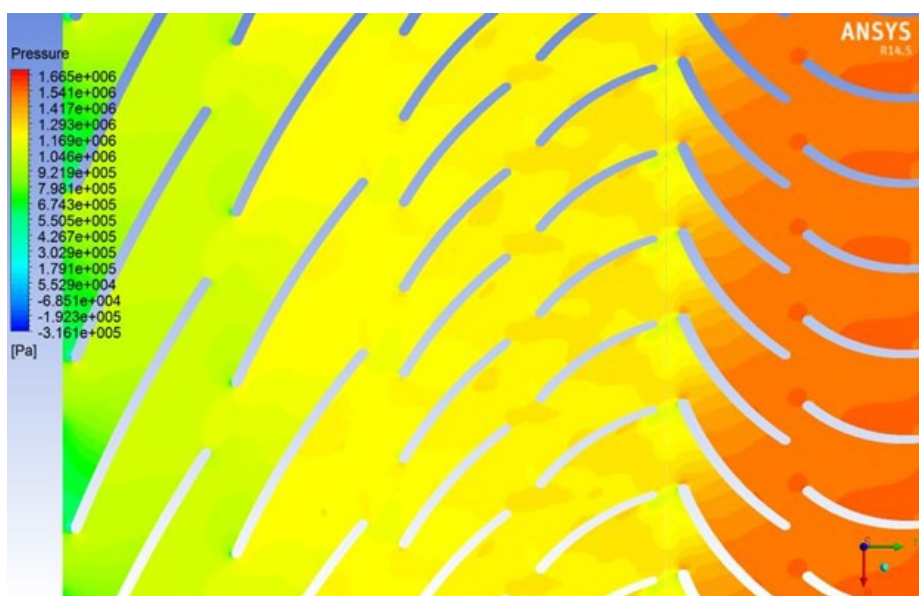


Рис. 6. Эпюра распределения давлений во втулочном ряду картриджа КН2 на номинальном режиме работы по подаче

Как видно из результатов моделирования в ANSYS (рис. 3 – 6) отрывы в межлопаточном канале мультипланной решетки направляющего аппарата отсутствуют, а напор от плана к плану лопастей решеток рабочего колеса равномерно возрастает и

достигает прогнозированного ранее уровня расчетного напора и гидравлического КПД гидромашины [1].

Кавитационные качества работы КН1 ΔH_k оценивались по формуле (1):

$$\Delta H_{k_i} = H_{\text{уст}} - H_{\text{нп}} - H_{k_i} + \sum_{i=1}^n H_{qs_{i-1}}, \quad (1)$$

где

$n = 1, 2, 3, 4$ (соответственно лопастная система РЛК рабочего колеса).

$H_{\text{уст}}$ – давление в конденсаторе на поверхности раздела паровой и жидкой фазы, определяемое как $1,03H_{\text{нп}}$ (где $H_{\text{нп}}$ – давление насыщенных паров в конденсаторе) с некоторым заглублением рабочего колеса;

H_k – параметр кавитации (по смыслу совпадает с $\Delta h_{\text{доп}}$ [3]), устанавливаемый посредством экспертных значений коэффициентов кавитации σ . Коэффициент кавитации σ , в свою очередь, определялся и минимизировался изменением геометрических параметров лопастных систем методом последовательного приближения путём многовариантного решения прямой трехмерной гидродинамической задачи для лопастных систем [4];

H_{qs} – напор, создаваемый предыдущими решетками в системе лопастей РЛК с учетом гидравлических потерь. При $n = 1$ (для шнековой решетки) напор $H_{qs} = 0$ м, так как перед шнековой решеткой лопасти отсутствуют.

Расчет показал, что при форсированной подаче $1,2 \cdot Q_{\text{inf}}$ параметр кавитации для шнеков крайне мал. Учитывая результаты распределения давления, полученные по *ANSYS*, можно судить о возможном начале частичной кавитации при этом режиме. Эксплуатация КН1 и АКН в целом не допускается при данной подаче, исходя из требований к надежности и долговечной работе конденсатных насосов на ТЭС.

На основании данных, полученных при помощи пакета *ANSYS*, были построены рабочие характеристики АКН (рис. 7).

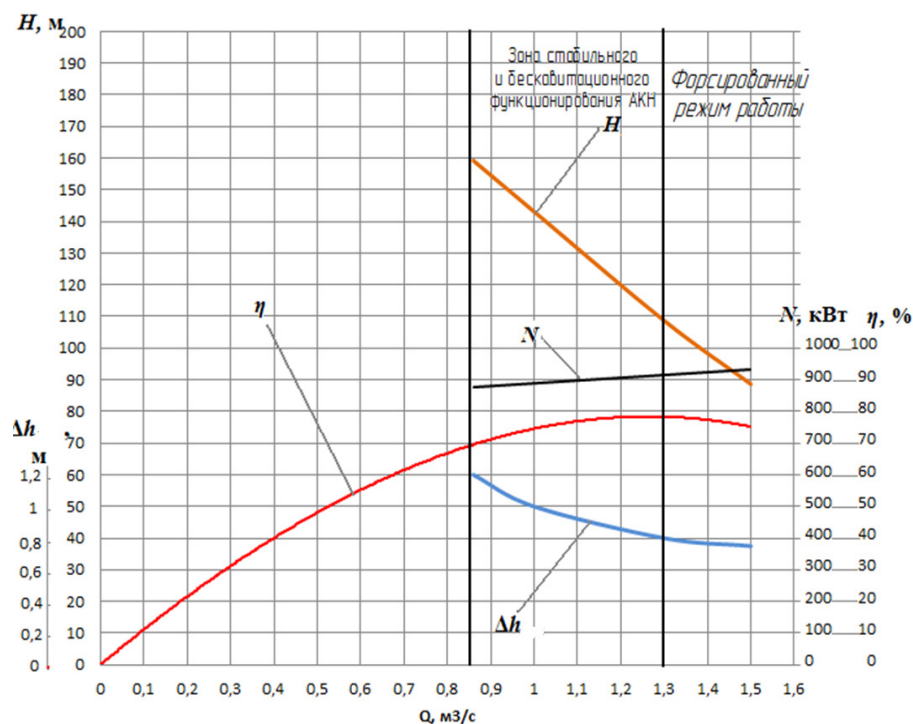


Рис. 7. Прогнозные характеристики АКН по результатам моделирования

На основе анализа характеристик, можно сделать практический вывод, что КПД гидромашин находится на приемлемом уровне (при прочих равных условиях по сравнению с традиционными конструкциями), кавитационный запас высок благодаря нестандартным проектно-конструкторским решениям и гидромашин может составить конкуренцию существующим аналогам по таким показателям качества как надежность, ремонтопригодность, масса и габариты [1].

Список литературы

1. Моргунов Г. М. Разработка насосов нового поколения питательной системы мощных энергоблоков // Теплоэнергетика». 2013. № 2. С. 42–53.
2. Моргунов Г.М., Рябцев Е.А., Качан Ю.И. Агрегат конденсатных насосов для энергоблока гигаваттного класса // Есорimp.ru`2013. Эффективность и экологичность насосного оборудования: сборник докладов международной научно-технической конференции. М.: Изд-во ООО «Линтекс». 2013. С. 24–33.
3. Ломакин А.А. Центробежные и осевые насосы. М.: Машиностроение. 1966. 358 с.
4. Моргунов Г.М. Расчет безотрывного обтекания пространственных лопастных систем с учетом вязкости // Изв. АН СССР. Энергетика и транспорт. 1985. №1. С. 117–126.