Научная статья
УДК 639.2.081.117+637.13

О КОРРЕКТИРОВКЕ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЦЕНТРОБЕЖНЫХ НАСОСОВ МЕТОДОМ, РЕКОМЕНДУЕМЫМ ГОСТОМ, ПРИ ПЕРЕКАЧИВАНИИ МОЛОКА И СЛИВОК

В.А. Наумов[1,*]

[1] Калининградский государственный технический университет, Калининград, Россия
[*] E-mail: van-old@mail.ru

Аннотация. Кинематическая вязкость молока и сливок *ν* зависит от их состава и температуры. При жирности менее 30% эти молокопродукты можно считать ньютоновскими жидкостями. Примерный диапазон изменения *ν* составляет от 1 до 10 сСт. Рекомендуемый ГОСТом метод корректировки рабочих характеристик центробежных насосов путем их пересчета с воды на вязкую жидкость в этом диапазоне не дает удовлетворительных количественных результатов. Поправочные коэффициенты по указанному методу при *ν* = 1 сСт не стремятся к единице. Отличие результатов пересчета рабочих характеристик при ν = 3, 5 и 10 сСт от экспериментальных данных достигает 50% при достаточной большой подаче.

Ключевые слова: *молоко; сливки; кинематическая вязкость; центробежные насосы; рабочие характеристики; метод пересчета.*

Для цитирования: Наумов В.А. О корректировке рабочих характеристик центробежных насосов методом, рекомендуемым ГОСТом, при перекачивании молока и сливок // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2024. Т.10. № 3. С. 20–28.

Original article

ON THE ADJUSTMENT OF THE CENTRIFUGAL PUMPS PERFORMANCE CHARACTERISTICS BY THE GOST METHOD RECOMMENDED WHEN MILK AND CREAM PUMPING

V.A. Naumov[1,*]

[1] Kaliningrad State Technical University, Kaliningrad, Russia
[*]E-mail: van-old@mail.ru

Abstract. The kinematic viscosity of milk and cream ν depends on their composition and temperature. These dairy products can be considered Newtonian liquids with a fat content of less than 30%. The approximate range of variation of *ν* is from 1 to 10 cSt. The method recommended by GOST for correcting the performance characteristics of centrifugal pumps by converting them from water to a viscous liquid in this range does not give satisfactory quantitative results. Correction coefficients according to the specified method at *ν* = 1 cSt do not tend to unity. The difference between the results of recalculation of performance characteristics at *ν* = 3, 5 and 10 cSt from experimental data reaches 50% with a sufficiently large feed.

Keywords: *milk; cream; kinematic viscosity; centrifugal pumps; performance characteristics; conversion method.*

For citation: Naumov V.A. On the adjustment of the centrifugal pumps performance characteristics by the GOST method recommended when milk and cream pumping. *Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2024. Vol.10, No.3, pp. 20–28.

© Наумов В.А. 2024

Введение

В пищевой отрасли для межоперационного транспортирования жидких сред широко используются насосы разных типов и конструкций (см. [1-5] и библ. в них). Исследования показали, что объемные насосы лучше сохраняют структуру перекачиваемых пищевых сред по сравнению с центробежными насосами (ЦН). Наилучшие показатели по сохранению свойств продукции с высокой вязкостью продемонстрировали коловратные насосы (производители не совсем правильно называют их кулачковыми). Поэтому для транспортирования таких продуктов как плавленый сыр, колбасный фарш рекомендуют использовать коловратные насосы. Однако такие насосы имеют высокую стоимость и низкую производительность, если сравнивать их с ЦН.

Учитывая стоимостные и энергетические показатели ЦН, их повсеместно применяют для межоперационного транспортирования молока и сливок. Для удобства эксплуатации налажен выпуск агрегатов с открытыми рабочими колесами, которые называются молочные центробежные насосы (МЦН). Ряд российских компаний выпускает обширную линейку МЦН серии ОНЦ. По рис. 1 видно, что конструкция ОНЦ позволяет легко снимать крышку и производить мойку (дезинфекцию) рабочего объема.



a *b*

Рисунок 1 – Устройство ОНЦ с открытым рабочим колесом[1]
a – рабочее положение (крышка закрыта), *b* – положение для мойки (крышка открыта)

В табл. 1 представлены технические параметры ОНЦ производства[2] [3].

Таблица 1 – Технические параметры ОНЦ

Модель насоса	*Q*, м^3/час	*H*, м	$N_э$, кВт	Масса, кг
ОНЦ 1,5/10К_0,55/2	0,5-2,5	14-12	0,55	7,5
ОНЦ 1,5/15К-0,55/2	0,1-2	18-15	0,55	7,5
ОНЦ 1,5/20К-0,75/2	1-3	25-18	0,75	15,5

[1] ООО «Пищевые насосы» г. Фрязино Московской области [Электронный ресурс]. URL: https://foodpumps.ru/centrobezhnye-nasosy-ONC/ (дата обращения: 30.12.2023).
[2] АО «Ливнынасос». Руководства по эксплуатации [Электронный ресурс]. URL: https://www.livnasos.ru/dokumentaciya/rukovodstvo_po_ekspluatacii/ (дата обращения: 09.07.2024).
[3] Производственное объединение «Ермак». Пищевые центробежные насосы [Электронный ресурс]. URL: https://trubateh.com/catalog/pishhevyie-nasosyi/nasosyi-czentrobezhnyie.html (дата обращения: 09.07.2024).

ОНЦ 3,5/10К-0,55/2	2-6	13-11	0,55	7,5
ОНЦ 3,5/20К-0,75/2	2-6	26-17	0,75	15,5
ОНЦ 6,3/20К-1,5/2	4-10	25-16	1,5	18
ОНЦ 6,3/25К-1,5/2	4-7	26-25	1,5	18
ОНЦ 6,3/30К-2,2/2	4-12	35-20	2,2	22
ОНЦ 6,3/50К-5,5/2	4-10	55-47	5,5	47
ОНЦ 10/10К-0,75/2	8-11	12-9	0,75	15,5
ОНЦ 12,5/20К-1,5/2	8-16	24-15	1,5	18,5
ОНЦ 12,5/25К-2,2/2	10-14	25-33	2,2	35
ОНЦ 12,5/30К-3/2	8-18	35-22	3,0	35
ОНЦ 12,5/50К-5,5/2	8-16	55-45	5,5	49
ОНЦ 20/20К-3/2	10-26	24-15	3,0	35
ОНЦ 25/10К-2,2/2	15-30	12-8	2,2	25
ОНЦ 25/30К-5,5/2	14-32	35-24	5,5	43
ОНЦ 25/50К-7,5/2	14-32	53-38	7,5	58
ОНЦ 25/80К-18,5/2	14-32	80-57	18,5	155
ОНЦ 50/30К-7,5/2	25-60	35-22	7,5	59
ОНЦ 50/50К-15/2	30-60	55-45	15	150
ОНЦ 80/30К-11/2	60-80	25-30	11	122
ОНЦ 80/50К-18,5/2	50-85	55-48	18,5	170
ОНЦ 100/25К-15/2	80-110	30-20	15	154
ОНЦ 100/30К-18,5/2	80-110	35-25	18,5	175
ОНЦ 100/50К-22/2	80-110	55-45	22,0	202

Расшифровка обозначения насосного агрегата, например, ОНЦ 100/50К-22/2: ОНЦ – тип насоса – консольный; 100 – номинальная подача, $м^3$/час; 50 – номинальный напор, м; К – материал проточной части насоса (хромоникелевая сталь 12Х18Н10Т); 22 – мощность электродвигателя, $N_Э$, кВт; 2 – индекс частоты вращения электродвигателя (число полюсов), 2900 об/мин.

Проектирование технологических линий включает гидравлический расчет с определением рабочей точки насосной установки. Для этого требуются рабочие характеристики насоса: зависимости напора и затраченной мощности от подачи. Но в технической документации МЦН все параметры, в том числе и в табл. 1, приведены для воды при 20°С. Необходимо произвести перерасчет рабочих характеристик насоса с учетом различия вязкости молока (сливок) и воды.

В Российской Федерации действует ГОСТ[4], содержащий утвержденный метод расчета поправок к рабочим характеристикам центробежных насосов при перекачивании вязких жидкостей. В указанном ГОСТе установлен порядок пересчета значений рабочих характеристик, полученных при работе на воде одноступенчатых и многоступенчатых центробежных насосов типовых конструкций (с одно- и двухсторонним всасыванием), на ньютоновские жидкости с вязкостью, большей, чем у воды. Во многих исследованиях (см., например, [6, 7]) перерасчет рабочих характеристик МЦН выполнен методом из ГОСТа[4]. Однако обоснованность применения метода перерасчета характеристик для перекачивания молокопродуктов нигде не обсуждается.

Цель данной статьи – проверка возможности корректировки рабочих характеристик центробежных насосов методом, рекомендуемым ГОСТом, при перекачивании молока и сливок.

[4] ГОСТ 33967-2016. Насосы центробежные для перекачивания вязких жидкостей. Поправки к рабочим характеристикам. Издание официальное. Москва: Стандартинформ, 2017. 18 с.

Материалы и методы

В ГОСТе[4] указаны ограничения использования метода перерасчета рабочих характеристик ЦН. Первое ограничение – метод перерасчета пригоден только для ньютоновских жидкостей.

Второе ограничение: кинематическая вязкость жидкости, на которую производится пересчет рабочих характеристик центробежного насоса ν, должна быть от 1 до 3000 сСт.

Третье ограничение по коэффициенту быстроходности ступени насоса n_q (или n_s):

$$n_q = n\cdot(Q_{W0}/3600)^{0,5}/\ (H_{W0})^{0,75} < 60;\ \ n_s = 3,65\cdot n_q < 219, \qquad (1)$$

где n – частота вращения рабочего колеса (ЧВРК), об/мин.; Q_{W0}, H_{W0} – соответственно, подача (м^3/час) и напор (м) насоса при работе на воде в точке наибольшего КПД.

Четвертое и пятое: подача насоса на воде в точке максимального КПД Q_{W0} должна находиться в диапазоне от 0,6 до 260 м^3/час, напор на ступень H_{W0} – от 3 до 130 м. Все насосы из табл. 1 не выходят за рамки ограничений 4 и 5.

По поводу 1-го и 2-го ограничений. Реологические свойства молока и сливок обсуждаются во многих публикациях. Вязкость молочных продуктов зависит от их состава и температуры. Согласно измерений [8] кинематическая вязкость обезжиренного молока при 20°С была 1,73 сСт, при 30°С снизилась до 1,28 сСт, а при 50°С упала до 0,851 сСт, то есть стала ниже, чем у воды при 20°С. В последнем случае метод[4] не применим. В [9] сливки молочные жирностью 18% при температуре 20°С имели коэффициент кинематической вязкости ν = 8,22 сСт, который с увеличением температуры заметно уменьшался. В [10] экспериментально было изучено реологическое поведение молочных сливок при различном содержании жира (от 10 до 31 %) в широком диапазоне температур (от 2 до 87°С). Было установлено ньютоновское поведение сливок во всем диапазоне исследованных температур при содержания жира до 20 %, а для сливок с большей жирностью при температуре выше 33°С. Близкие результаты показали опыты [11]: если общее содержание твердых веществ в молокопродукте не превышает 28%, то его можно считать ньютоновской жидкостью с индексом детерминации 0,99.

Следовательно, в соответствии с поставленной целью, необходимо проверить применимость метода[4] пересчета характеристик для ньютоновских жидкостей с вязкостью от 1 примерно до 10 сСт. Воспользуемся экспериментальными данными их статей [12-14], в которых исследовано влияние таких жидкостей на рабочие характеристики ЦН.

По методу[4], после коэффициента быстроходности (1) рассчитывается аналог числа Рейнольдса по следующей формуле:

$$Re_q = (n\cdot(Q_{W0})^2)^{1/3}/\nu, \qquad (2)$$

где ν – коэффициент кинематической вязкости жидкости, сСт.

Вспомогательный параметр

$$B = 16,5/[(Re_q)^{0,5}\cdot 60\ n_q)^{1/12}. \qquad (3)$$

Поправочный коэффициент к подаче и напору в точке наибольшего КПД:

$$C_Q \equiv Q_0/Q_{W0} = \exp[-0,165\cdot(\lg B)^{3,15}],\ \ C_H \equiv H_0/H_{W0} = C_Q, \qquad (4)$$

где Q_0, H_0 – соответственно, подача и напор при перекачивании вязкой жидкости в точке наибольшего КПД.

Поправочный коэффициент к наибольшему КПД:

$$C_\eta \equiv \eta_0/\eta_{W0} = B^{-0,0547 \cdot B^{**}0,69}, \quad (5)$$

где η_{W0}, η_0 – максимальный КПД при перекачивании воды и вязкой жидкости, соответственно.

Пересчитанные значения подачи и напора насоса для вязкой жидкости в i-й точке:

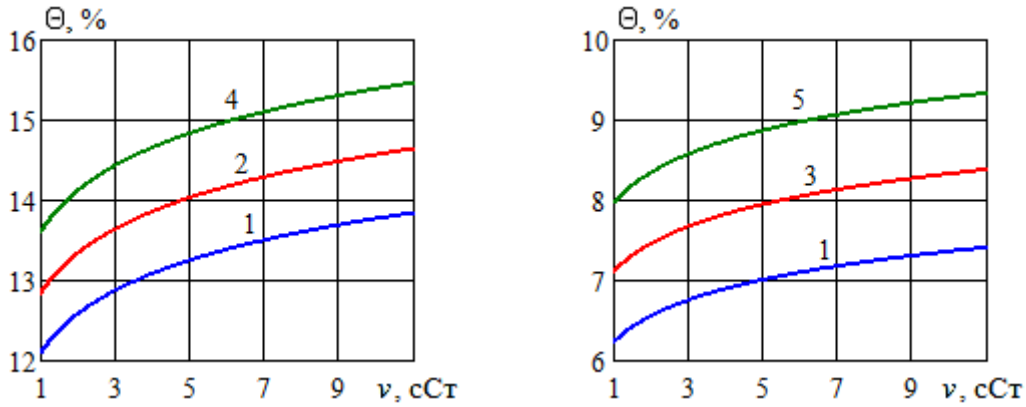
$$Q_i = C_Q \cdot Q_{Wi},\ H_i = [1 - (1 - C_Q) \cdot (Q_{Wi}/\ Q_{W0})^{0,75}] \cdot H_{Wi}. \quad (6)$$

Результаты расчета и обсуждение

Напомним, что по ГОСТу[4] левая граница допустимого для перерасчета диапазона кинематической вязкости ν=1сСт. Такую вязкость имеет вода при 20°С. Если метод перерасчета[4] работоспособен при таких значениях, из ν→1 должно следовать $C_Q \to 1$ и $C_\eta \to 1$. Проверим выполнение этого требования, для чего рассчитаем отклонение указанных коэффициентов от единицы (в процентах):

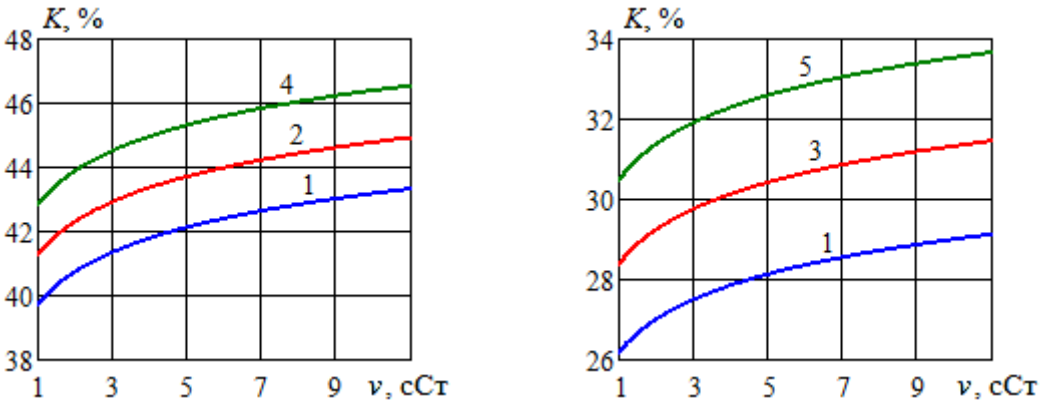
$$\Theta = 100 \cdot (1 - C_Q),\ \ K = 100 \cdot (1 - C_\eta). \quad (8)$$

На рис. 2-5 представлены результаты расчета по формулам (8).



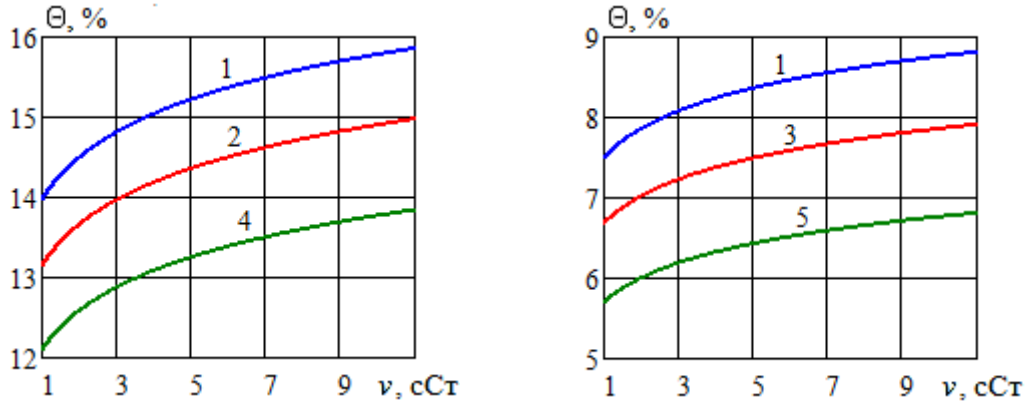
a *b*

Рисунок 2 – Отклонение коэффициента корректировки подачи от 1 при n = 3000 об/мин., Q = 0,6 м^3/час (*a*); Q = 260 м^3/час (*b*) и различных значениях напора: 1 – H = 3 м, 2 – H = 6 м; 3 – H = 10 м, 4 – H = 12 м; 5 – H = 30 м



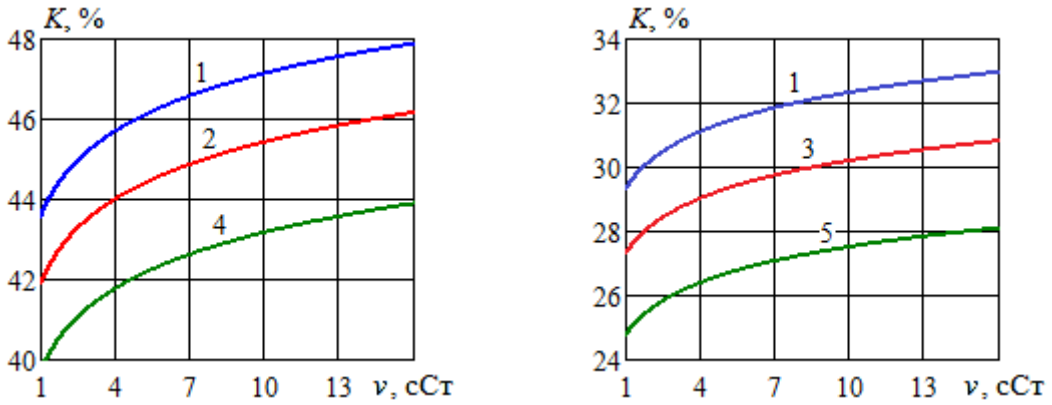
a *b*

Рисунок 3 – Отклонение коэффициента корректировки КПД от 1 при n = 3000 об/мин., Q = 0,6 м^3/час (*a*); Q = 260 м^3/час (*b*). Обозначения, как на рис. 2



a *b*

Рисунок 4 – Отклонение коэффициента корректировки подачи от 1 при H = 3 м, Q = 0,6 м^3/час (*a*); Q = 260 м^3/час (*b*) и различных значениях ЧВРК: 1 – n=1000 об/мин., 2 – 1600 об/мин., 3 – 2000 об/мин., 4 – 3000 об/мин., 5 – 5000 об/мин.



a *b*

Рисунок 5 – Отклонение коэффициента корректировки КПД от 1 при H = 3 м, Q = 0,6 м^3/час (*a*); Q = 260 м^3/час (*b*). Обозначения, как на рис. 4

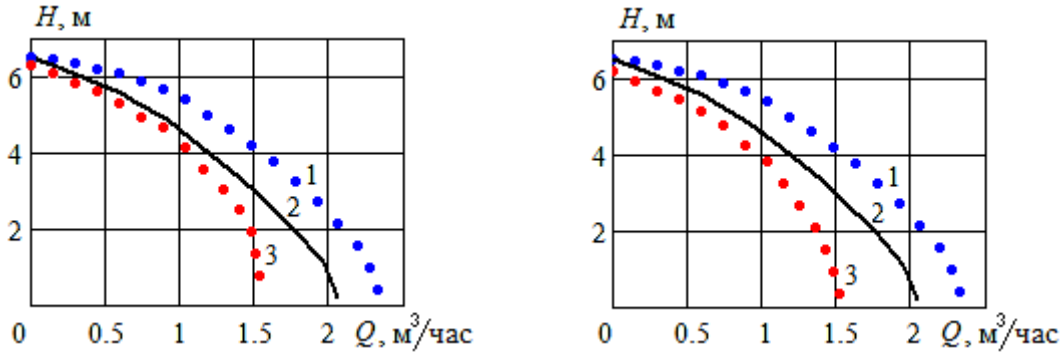
С учетом ограничений на подачу графики на рис 2*a*-5*a* построены на левой границе Q=0,6 м^3/час; на рис. 2*b*-5*b* – на правой границе интервала Q=260 м^3/час. Во всех рассмотренных случаях качественные результаты соответствуют физическому смыслу. Со снижением вязкости жидкости ν оба поправочных коэффициента уменьшаются. С увеличением Q и n поправки C_Q, C_η снижаются; с увеличением напора – растут.

Но количественный результат на рис. 2-5 неверный: при ν→1 отклонения Θ и K не стремятся к нулю. Значит, применять метод корректировки рабочих характеристик ЦН для молока нельзя. Проверим, можно ли его применять для сливок. Для этого воспользуемся экспериментальными данными [14].

На рис. 6 представлено сравнение результатов перерасчета напорной характеристики ступени насоса ЭЦН 5–30 по формулам (6) с экспериментальными данными при двух значениях кинематической вязкости ньютоновской жидкости. Видно, что результаты перерасчета заметно отличаются от напорной характеристики, снятой в экспериментах [14] и при ν=3 сСт, и при ν=5 сСт.

Рассчитаем отклонение пересчитанной напорной характеристики $H_П(Q)$ от экспериментальной $H_Э(Q)$:

$$\varepsilon(Q) = 100\cdot(1 - H_Э(Q)/ H_П(Q). \quad (7)$$



a *b*

Рисунок 6 – Пересчет напорной характеристики ступени насоса ЭЦН 5–30 при кинематической вязкости 3 сСт (*a*) и 5 сСт (*b*). Экспериментальные точки [14]: 1 – вода, 3 – вязкая жидкость; 2 – результат пересчета по формулам (6)

Результат расчета по формуле (7) показан на рис 7. Видно, что отклонение увеличивается с ростом подачи. До 0,7 м^3/час отклонение находится в пределах 10%, но при большой подаче превышает 50%. Что не позволяет рекомендовать рассматриваемый метод для пересчета рабочих характеристик ЦН при перекачивании сливок.

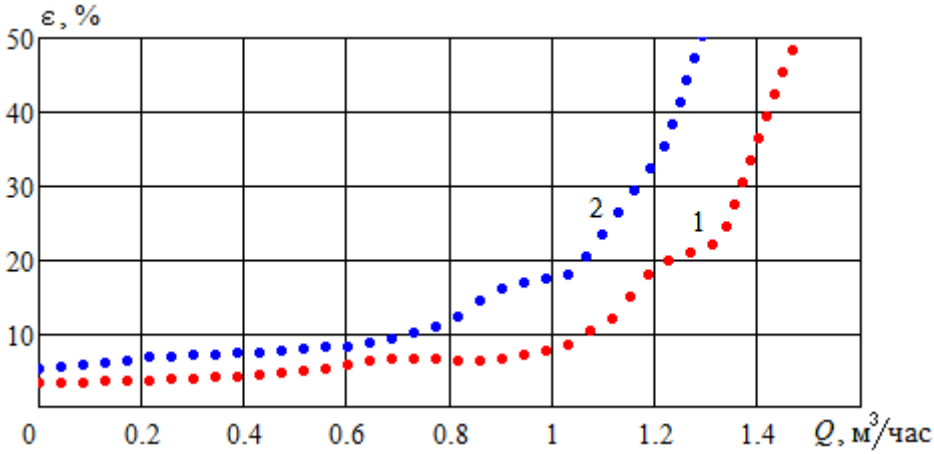


Рисунок 7 – Отклонение пересчитанной напорной характеристики от экспериментальной [14]: 1 – ν = 3 сСт, 2 – ν = 5 сСт

Заключение

Кинематическая вязкость молока и сливок ν зависит от их состава и температуры, примерный диапазон – от 1 до 10 сСт. При жирности менее 30% эти молокопродукты можно считать ньютоновскими жидкостями. Рекомендуемый ГОСТом метод корректировки рабочих характеристик центробежных насосов путем их пересчета с воды на вязкую жидкость в этом диапазоне дает только качественно правильные результаты. Поправочные коэффициенты по указанному методу при ν → 1 сСт не стремятся к единице. Значит, метод из ГОСТа нельзя применять для молокопродуктов, у которого кинематическая вязкость несколько превышает 1 сСт. Проведенное сравнение результатов пересчета рабочих характеристик при ν = 3, 5 и 10 сСт с экспериментальными данными показало отклонение более 50% при достаточной большой подаче. Следовательно, и при перекачивании сливок такой метод пересчета рабочих характеристик рекомендовать нельзя.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Hettiarachchi C.A., Voronin G.L., Harte F.M. Spray drying of high pressure jet-processed condensed skim milk // Journal of Food Engineering. 2019. Vol. 261. P. 1-8.

2. Kassim M.S, Sarow S.A. Flows of viscous fluids in food processing industries: a review // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 870. Paper Number 012032. DOI: 10.1088/1757-899X/870/1/012032.

3. Martyanov A., Zimina Yu., Antipin D. Application of heat pumps in the food industry: purification plant // E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 419. Paper Number 01025. DOI: 10.1051/e3sconf/202341901025.

4. Наумов В.А. Оценка влияния вязкости жидких пищевых продуктов на нагрузочные характеристики одновинтовых насосов // Техника и технология пищевых производств. 2021. Т. 51, № 2. С. 290–300.

5. Ахмедова Н.Р., Левичева О.И., Наумов В.А. Оценка рабочих характеристик установок для подачи высоковязких пищевых масс с помощью кулачковых насосов российского производства // Известия КГТУ. 2024. № 72. С. 41-56.

6. Наумов В.А., Левичева О.И. Оценка энергетической эффективности центробежных насосов для пищевой промышленности // Известия КГТУ. 2021. № 63. С. 89-100.

7. Ахмедова Н.Р., Левичева О.И., Наумов В.А. Гидравлический расчет технологического трубопровода для перекачивания молочных продуктов центробежным насосом // Вестник КрасГАУ. 2022. № 5. С. 216–225.

8. Динков К., Менков Н. Плотность и вязкость обезжиренного молока при двойной ультрафильтрации // Известия вузов. Пищевая технология. 2001. № 4. С. 57-58.

9. Vliet T., Walstra P. Relationship between viscosity and fat content of milk and cream // Journal of Texture Studies. 2007. Vol. 11, pp. 65-68. DOI: 10.1111/j.1745-4603.1980.tb00308.x.

10. Flauzino R., Gut J., Tadini C., Telis-Romero J. Flow properties and tube friction factor of milk cream: Influence of temperature and fat content // Journal of Food Process Engineering. 2009. Vol. 33, pp. 820-836. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2008.00307.x.

11. Morison K.R., Phelan J.P., Bloore C.G. Viscosity and non-Newtonian behaviour of concentrated milk and cream // International Journal of Food Properties. 2013. Vol.16, No.4, pp. 882-894. DOI: 10.1080/10942912.2011.573113.

12. Великанов Н.Л., Наумов В.А. Эффективность насоса системы подачи смазочно-охлаждающей жидкости // Известия вузов. Машиностроение. 2023. № 6(759). С. 72-78.

13. Пещеренко С.Н., Павлов Д.А., Лебедев Д.Н. Влияние вязкости жидкости на рабочие характеристики насоса ЭЦН7А-1000 // Вестник Тюмен. гос. ун-та. Физико-математическое моделирование. Нефть, газ, энергетика. 2018. Т. 4. № 4. С. 64–79.

14. Пекин С.С., Янгулов П.Л. Анализ поправочных коэффициентов пересчета характеристики электроцентробежного насоса при влиянии вязкости добываемого флюида // Экспозиция Нефть Газ. 2013. № 2(27). С. 68-73.

REFERENCES

1. Hettiarachchi C.A., Voronin G.L., Harte F.M. Spray drying of high pressure jet-processed condensed skim milk. Journal of Food Engineering. 2019. Vol. 261, pp. 1-8.

2. Kassim M.S, Sarow S.A. Flows of viscous fluids in food processing industries: a review. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2020. Vol. 870. Paper Number 012032. DOI: 10.1088/1757-899X/870/1/012032.

3. Martyanov A., Zimina Yu., Antipin D. Application of heat pumps in the food industry: purification plant. E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 419. Paper Number 01025. DOI: 10.1051/e3sconf/202341901025.

4. Naumov V.A. *Ocenka vliyaniya vyazkosti zhidkih pishchevyh produktov na nagruzochnye harakteristiki odnovintovyh nasosov* [Assessment of the effect of viscosity of liquid

foodstuffs on the load characteristics of single-screw pumps*]. Tekhnika i tekhnologiya pishchevyh proizvodstv*. 2021. Vol. 51, No. 2, pp. 290–300.

5. Ahmedova N.R., Levicheva O.I., Naumov V.A. *Ocenka rabochih harakteristik ustanovok dlya podachi vysokovyazkih pishchevyh mass s pomoshch'yu kulachkovyh nasosov rossijskogo proizvodstva* [Evaluation of the performance characteristics of installations for supplying high-viscosity food masses using Russian-made cam pumps]. *Izvestiya KGTU*. 2024. No.72, pp. 41-56.

6. Naumov V.A., Levicheva O.I. *Ocenka energeticheskoj effektivnosti centrobezhnyh nasosov dlya pishchevoj promyshlennosti* [Evaluation of the energy efficiency of centrifugal pumps for the food industry]. *Izvestiya KGTU*. 2021. No. 63, pp. 89-100.

7. *Ahmedova N.R., Levicheva O.I., Naumov V.A. Gidravlicheskij raschet tekhnologicheskogo truboprovoda dlya perekachivaniya molochnyh produktov centrobezhnym nasosom* [Hydraulic calculation of a technological pipeline for pumping dairy products with a centrifugal pump]. *Vestnik KrasGAU*. 2022. No. 5, pp. 216–225.

8. Dinkov K., Menkov N. *Plotnost' i vyazkost' obezzhirennogo moloka pri dvojnoj ul'trafil'tracii* [Density and viscosity of skimmed milk with double ultrafiltration]. *Izvestiya vuzov. Pishchevaya tekhnologiya*. 2001. No. 4, pp. 57-58.

9. Vliet T., Walstra P. Relationship between viscosity and fat content of milk and cream. Journal of Texture Studies. 2007. Vol. 11, pp. 65-68. DOI: 10.1111/j.1745-4603.1980.tb00308.x.

10. Flauzino R., Gut J., Tadini C., Telis-Romero J. Flow properties and tube friction factor of milk cream: Influence of temperature and fat content. Journal of Food Process Engineering. 2009. Vol. 33, pp. 820-836. DOI: 10.1111/j.1745-4530.2008.00307.x.

11. Morison K.R., Phelan J.P., Bloore C.G. Viscosity and non-Newtonian behaviour of concentrated milk and cream. International Journal of Food Properties. 2013. Vol.16, No.4, pp. 882-894. DOI: 10.1080/10942912.2011.573113.

12. Velikanov N.L., Naumov V.A. *Effektivnost' nasosa sistemy podachi smazochno-ohlazhdayushchej zhidkosti* [Efficiency of the pump of the coolant supply system // News of universities]. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*. 2023. No. 6(759), pp. 72-78.

13. Peshcherenko S.N., Pavlov D.A., Lebedev D.N. *Vliyanie vyazkosti zhidkosti na rabochie harakteristiki nasosa ECN7A-1000* [Influence of liquid viscosity on the operating characteristics of the ECN7A-1000 pump]. *Vestnik Tyumen. gos. un-ta. Fiziko-matematicheskoe modelirovanie. Neft', gaz, energetika.* 2018. Vol. 4, No. 4, pp. 64–79.

14. Pekin S.S., Yangulov P.L. *Analiz popravochnyh koefficientov perescheta harakteristiki elektrocentrobezhnogo nasosa pri vliyanii vyazkosti dobyvaemogo flyuida* [Analysis of correction coefficients for recalculation of the characteristics of an electric centrifugal pump under the influence of the viscosity of the extracted fluid]. *Ekspoziciya Neft' Gaz*. 2013. No. 2(27), pp. 68-73.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ	INFORMATION ABOUT THE AUTHOR
Наумов Владимир Аркадьевич – доктор технических наук, профессор, Калининградский государственный технический университет (236022, Россия, г. Калининград, Советский пр-т 1, e-mail: van-old@mail.ru)	*Naumov Vladimir Arkad'evich* – Dr. Sci. (Eng.), Professor, Kaliningrad State Technical University (236022, Russia, Kaliningrad, Sovetsky ave. 1, e-mail: van-old@mail.ru)

Статья поступила в редакцию 01.07.2024; одобрена после рецензирования 12.07.2024, принята к публикации 25.07.2024.
The article was submitted 01.07.2024; approved after reviewing 12.07.2024; accepted for publication 25.07.2024.