Научная статья
УДК 628.1.034:664.6.047:621.65.018.3

ЗАВИСИМОСТЬ НАИБОЛЬШЕЙ ДОПУСТИМОЙ ЧАСТОТЫ ВРАЩЕНИЯ РОТОРА ОТ РАБОЧЕГО ОБЪЕМА КОЛОВРАТНЫХ НАСОСОВ И ВЯЗКОСТИ ПИЩЕВОЙ ЖИДКОСТИ

В.А. Наумов[1,*]

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

Аннотация. В статье выполнен анализ зависимости наибольшей допустимой частоты вращения ротора (НЧВР) от рабочего объема коловратных насосов (РОКО) и коэффициента динамической вязкости (КДВ) перекачиваемой пищевой жидкости. Результаты испытаний КН линейки Vitalobe были использованы в качестве исходных данных. Проведенный анализ показал, что при любых условиях величина НЧВР снижается с ростом КДВ перекачиваемой среды. Зависимость НЧВР от рабочего объема не такая однозначная. При значениях КДВ менее 1000 сПз зависимость НЧВР от РОКО не выявлена. При больших значениях КДВ с увеличением рабочего объема растет и НЧВР.

Ключевые слова: *коловратный насос; рабочий объем; производительность; вязкость пищевой жидкости; частота вращения ротора; статистический анализ.*

Для цитирования: Наумов В.А. Зависимость наибольшей допустимой частоты вращения ротора от рабочего объема коловратных насосов и вязкости пищевой жидкости // *Вестник науки и образования Северо-Запада России*. 2025. Т.11. № 3. С. 26-35.

Original article

DEPENDENCE OF THE MAXIMUM ALLOWABLE ROTOR SPEED ON THE LOBE PUMPS WORKING VOLUME AND THE VISCOSITY OF THE FOOD LIQUID

V.A. Naumov[1,*]

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

Abstract. The analysis of the dependence of the maximum allowable rotor speed (MARS) on the working volume of lobe pumps (WVLP) and the dynamic viscosity coefficient (DVC) of the pumped food liquid was performed in the article. The test results of the Vitalobe KN line were used as initial data. The analysis showed that the value of the MARS decreases with increasing of pumped medium DVC under any conditions. The dependence of the MARS on the WVPL is not unambiguous. The dependence of MARS on WVLP was not revealed at DVC values of less than 1000 cPs. The value of the MARS increases with an increase in the working volume at high DVC values.

Keywords: *rotary lobe pump; working volume; perfomance; viscosity food liquid; rotor speed; statistical analysis.*

For citation: Naumov V.A. Dependence of the maximum allowable rotor speed on the lobe pumps working volume and the viscosity of the food liquid. *Journal of Science and Education of North-West Russia*. 2025. Vol. 11, No. 3, pp. 26-35.

© Наумов В.А. 2025

Введение

Известно, что коловратные насосы (КН), благодаря своей специфической конструкции обеспечивают бережное перекачивание и сохранность транспортируемой пищевой среды. Однако из-за высокой стоимости широкое распространение в пищевой промышленности КН получили последние 15-20 лет. Появилось большое количество публикаций результатов научных исследований, направленных на улучшение конструкции КН [1-4]. Другое направление исследований – совершенствование методов эксплуатации серийно выпускаемых агрегатов [5-8]. Заметим, что в [5] впервые было исследовано влияние вязкости перекачиваемой жидкости на подачу КН. Работы, выполненные под руководством профессора Р.В. Гинояна [6-8], в основном посвящены изучению различных аспектов изменения свойств мороженого при его подаче с помощью КН.

Многие компании, производители КН, в настоящее время размещают в открытом доступе на Интернет-ресурсах результаты испытаний своих агрегатов при различных значениях частоты вращения ротора (ЧВР), безразмерного перепада давления (БПД) и коэффициента динамической вязкости (КДВ) перекачиваемой жидкости. Среди компаний, которые размещают наиболее полные данные об условиях проведения испытаний можно назвать Waukesha Cherry-Burrell[1], Pomac Industries Group[2], Dixon Sanitary[3], KSB Aktiengesellschaft[4].

При проектировании систем транспортирования пищевых сред наиболее важным параметром является подача (производительность) КН, которая обозначается Q, выражается в м^3/час, л/мин или л/с. В [9-11] на основе анализа результатов испытаний названных выше компаний было установлено, что подача КН может быть рассчитана по формуле:

$$Q = V \cdot (n. - n_0), \quad (1)$$

где V – рабочий объем КН (максимальный теоретический объем жидкости, перекачиваемый за один оборот), дм^3; n_0 – минимальное значение ЧВР, необходимое для подачи перекачиваемой среды, с$^{-1}$.

Величина n_0 увеличивается с ростом БПД и уменьшается с ростом КДВ. При большой вязкости $n_0 \rightarrow 0$, а $Q \rightarrow Q_T = V \cdot n$, Q_T – наибольшая (теоретическая) подача КН. Величина n_0, при которой подача достигает теоретической, зависит от БПД, КДВ и конструкции КН. Например, у КН линейки PLP[2] n_0=0 уже при значениях КДВ перекачиваемой жидкости, немногим больших 0,3 Па·с. Тогда как у КН Vitalobe[4] со стандартными зазорами – при $\mu \geq$ 0,5 Па·с, а с увеличенными зазорами – при $\mu \geq$ 1,0 Па·с.

Большинство компаний-производителей указывают наибольшую допустимую величину ЧВР n_m для своих агрегатов или наибольшую подачу. Например, у КН 006-U1 из линейки Universal I[1] n_m = 800 об/мин, так как V = 0,031 л, то $Q_T \approx$1,3 м^3/час; у КН 018-U1 n_m = 600 об/мин, V = 0,11 л, $Q_T \approx$3,8 м^3/час.

---

[1] Waukesha Cherry-Burrell. Rectangular flange positive displacement pumps. URL: https://www.spxflow.com/waukesha-cherry-burrell/products/universal-1-series-rectangular-flange-positive-displacement-pumps/ (accessed 04.04.2022).

[2] Pomac Industries Group. Food Beverages Rotary Lobe Pump PLP. URL: https://www.pomacpumps.com/en/food-beverages/lobe-pump-plp/ (accessed 08.03.2025).

[3] Operating & Maintenance Manual for JRZL-100 Series Rotary Lobe Pumps. URL: https://dixonvalve.com/sites/default/files/documents/Rotary-Lobe-Pumps-JRZL-100-Series_0.pdf (accessed 06.06.2025).

[4] KSB Aktiengesellschaft. Rotary Lobe Pumps. Characteristic Curves Booklet. URL: https://www.ksb.com/en-se/lc/products/pump/dry-installed-pump/vitalobe/V06A (accessed 05.05.2025).

Казалось бы, в соответствии с формулой (1), для возрастания производительности следует увеличивать ЧВР до n_m. Однако столь высокие значения ЧВР допустимы лишь при перекачивании маловязких пищевых жидкостей; устойчивая подача жидкостей с высокой вязкостью не гарантируется. Компании-производители КН[3,4] выполнили специальные испытания, чтобы установить связь между наибольшей допустимой частотой вращения ротора (НЧВР) с вязкостью перекачиваемой среды.

Цель данной статьи – анализ зависимости НЧВР от КДВ пищевых сред и рабочего объема КН по данным испытаний. Отдельный вопрос – это установление значений ЧВР, при которых КН не разрушает структуру пищевого продукта, но здесь он не рассматривается.

1 Материалы и методы

В качестве исходного материала были использованы результаты испытаний компании KSB Aktiengesellschaft[4], линейка КН Vitalobe с двухкулачковыми роторами и стандартными зазорами (bi-lobe rotor, clearance – standard). В табл. 1 представлены технические параметры этой линейки КН.

Таблица 1 – Технические параметры КН линейки Vitalobe[4] с двухкулачковыми роторами и стандартными зазорами

Марка	n_m, об/мин.	P_{max}, кПа	V, дм^3	D, мм
Vitalobe-110	1000	1000	0,138	40
Vitalobe-115	1000	700	0,204	40
Vitalobe-215	1000	1000	0,274	40
Vitalobe-220	950	700	0,39	50
Vitalobe-325	720	1000	0,62	65
Vitalobe-330	720	700	0,79	80
Vitalobe-390	720	500	1,0	80
Vitalobe-430	600	1000	1,30	80
Vitalobe-440	600	700	1,74	100
Vitalobe-470	500	1000	2,36	100
Vitalobe-490	500	700	3,24	100
Vitalobe-550	500	500	4,0	125

Обозначения в табл. 1: n_m – наибольшая допустимая ЧВР (для воды и маловязких пищевых жидкостей), P_m – наибольшее допустимое давления нагнетания, V – рабочий объем КН, D – стандартный присоединительный размер (внутренний диаметр).

Ограничения ЧВР для КН линейки Vitalobe[4] представлены в двух формах. Первая форма – табличная, представляет собой прямое ограничение – наибольшие рекомендуемые значения КДВ при заданной ЧВР агрегатов с разным рабочим объемом (табл. 2). Рассматривается случай атмосферного давления на входе насоса (избыточное давление на входе равно нулю). Видно, что с увеличением ЧВР у всех агрегатов снижается допустимая величина КДВ перекачиваемой жидкости. Прочерк в табл. 2 означает, что на указанной частоте использование данного КН не допускается.

Таблица 2 – Наибольшие рекомендуемые КДВ (Па·с) для КН линейки Vitalobe[4] при заданных значениях ЧВР

№ пп	Vitalobe	ЧВР n, об/мин.									
		100	200	300	400	500	600	700	800	900	1000
1	110	20	5	2	1	0,75	0,5	0,35	0,2	0,1	0,001
2	115	50	20	10	5	3	1	0,5	0,3	0,15	0,001

3	215	30	10	6	4	2	0,9	0,4	0,2	0,1	0,001
4	220	50	20	13	9	5	2,5	1	0,5	0,25	0,001
5	325	70	30	15	10	5	2,5	0,001	-	-	-
6	330	100	50	30	20	15	10	0,001	-	-	-
7	390	80	35	21	17	12	7	0,001	-	-	-
8	430	60	25	17,5	11	5	0,001	-	-	-	-
9	440	100	45	25	12,5	9	0,001	-	-	-	-
10	470	70	25	12,5	7	0,001	-	-	-	-	-
11	490	50	18	7	2	0,001	-	-	-	-	-
12	550	50	30	15	5	0,001	-	-	-	-	-

Вторая форма является косвенной, представляет собой рис. 1, на котором приведена зависимость наибольшей подачи КН от КДВ для разных агрегатов линейки Vitalobe[4].

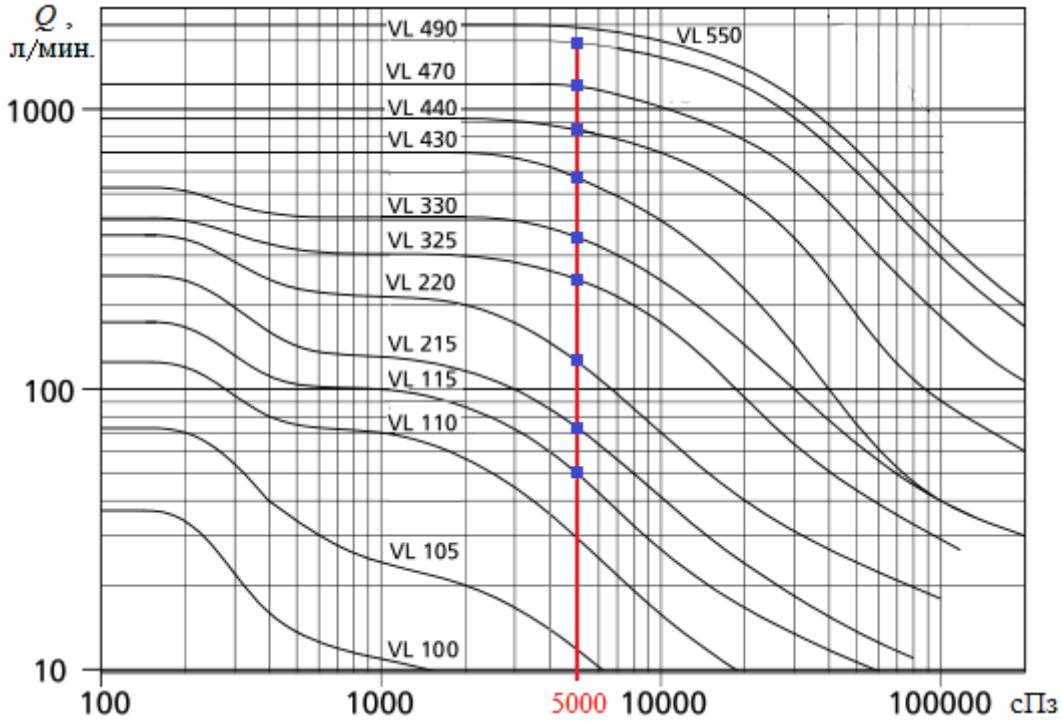


Рисунок 1 – Зависимость наибольшей подачи КН линейки Vitalobe[4] от КДВ

Далее будем рассматривать лишь жидкости с большой вязкостью, для которых можно считать n_0=0. Тогда можно рассчитать НЧВР по экспериментально установленной наибольшей подаче, показанной на рис. 2:

$$n_m = Q_m / V. \quad (2)$$

Результаты и обсуждение

На рис. 2 и 3 по значениям из табл. 2 показана связь между ЧВР и допустимой величиной КДВ перекачиваемой среды. Для проведения анализа агрегаты Vitalobe были разбиты на группы и подгруппы с возрастанием рабочего объема. Первая группа на рис. 2 включает 2 подгруппы: первая (Vitalobe-110, 115, 215, 220) допускает n=900 об/мин для жидкостей с КДВ до 0,1-0,25 Па·с, вторая (Vitalobe-325, 330, 390) допускает n=600 об/мин для жидкостей с КДВ до 2,5-10 Па·с.

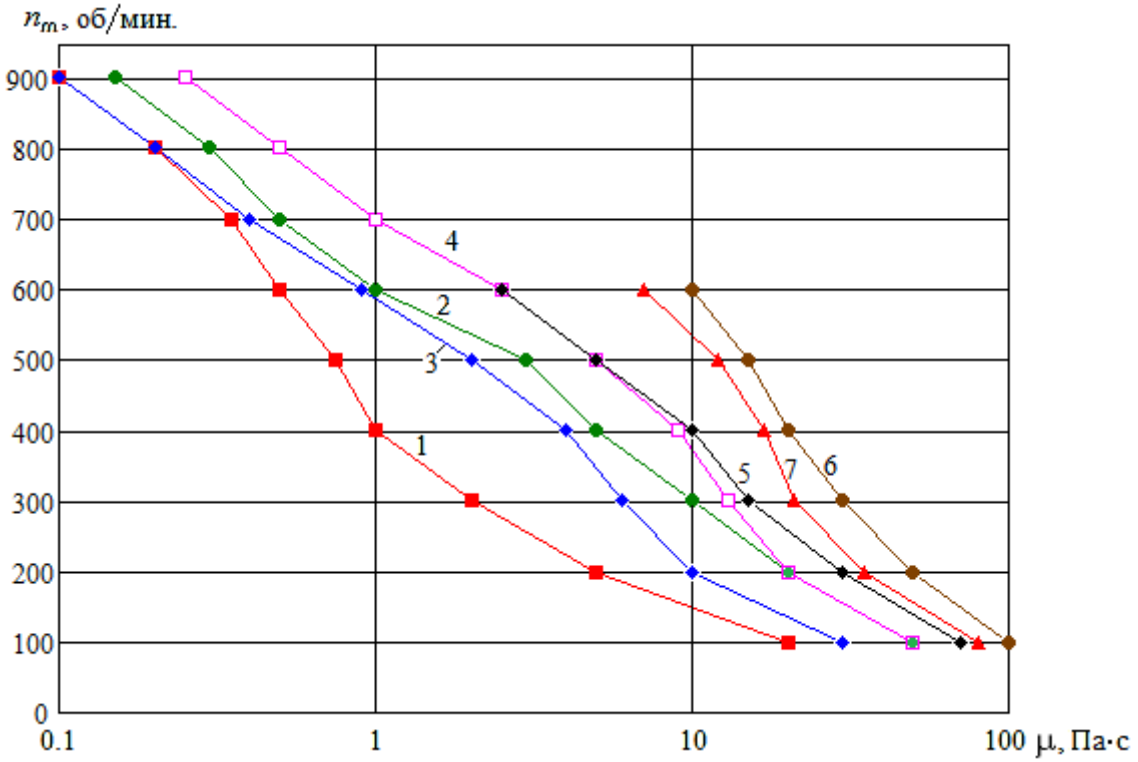


Рисунок 2 – Связь между ЧВР и допустимой величиной КДВ перекачиваемой среды по данным табл. 2: 1 – Vitalobe-110, 2 – 115, 3 – 215, 4 – 220, 5 – 325, 6 – 330, 7 – 390

Вторая группа на рис. 3 включает 2 подгруппы: первая (Vitalobe-430 и 440,) допускает n=500 об/мин для жидкостей с КДВ до 5-9 Па·с, вторая (Vitalobe-470, 490, 550) допускает n=400 об/мин для жидкостей с КДВ до 2-7 Па·с.

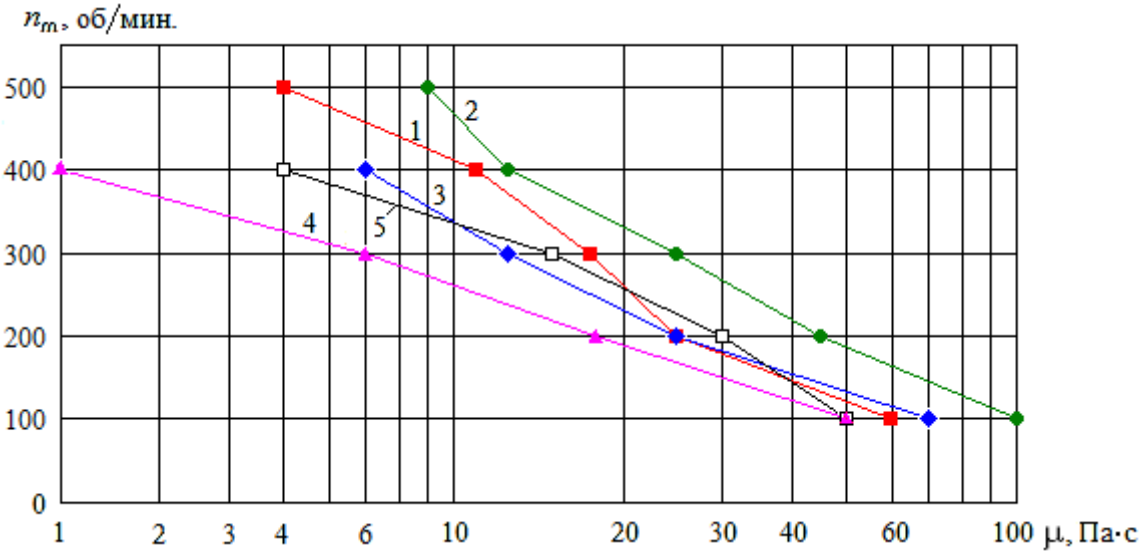


Рисунок 3 – Связь между ЧВР и допустимой величиной КДВ перекачиваемой среды по данным табл. 2: 1 – Vitalobe-430, 2 – 440, 3 – 470, 4 – 490, 5 – 550

На рис. 2 и 3 увеличение номера соответствует росту рабочего объема КН (см. табл. 2). По рис. 2 точки подгруппы 2 находятся выше, чем точки подгруппы 1. Но внутри подгрупп этот порядок нарушается. Так точки 7 лежат ниже точек 6. На рис. 3 при μ<10 Па·с порядок следования точек по возрастанию 4-5-3-1-2. При больших значениях КДВ линии, проведенные через соответствующие точки, пересекаются (кроме 2).

Для рассматриваемой линейки КН Vitalobe[4] со стандартными зазорами выполнение условия μ ≥ 0,5 Па·с достаточно, чтобы воспользоваться формулой (2). На рис. 4-6 представлены зависимости НЧВР Vitalobe-215 от КДВ, полученные двумя способами: по данным табл. 2 и по формуле (2). Заметим, что рассматривается перекачивание сред с большой вязкостью, для которых можно воспользоваться формулой (2).

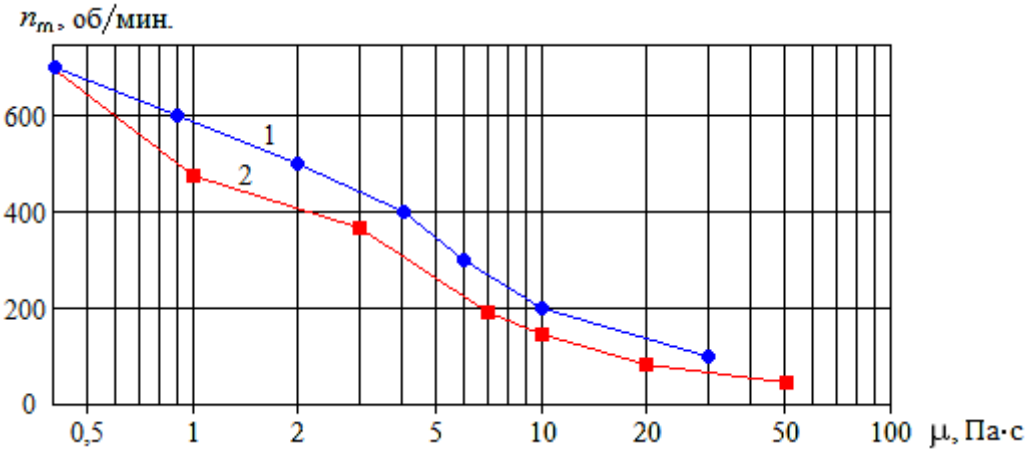


Рисунок 4 – Зависимость НЧВР Vitalobe-215 от КДВ при перекачивании сред с большой вязкостью: 1 – по данным табл. 2, 2 – результат расчета по формуле (2)

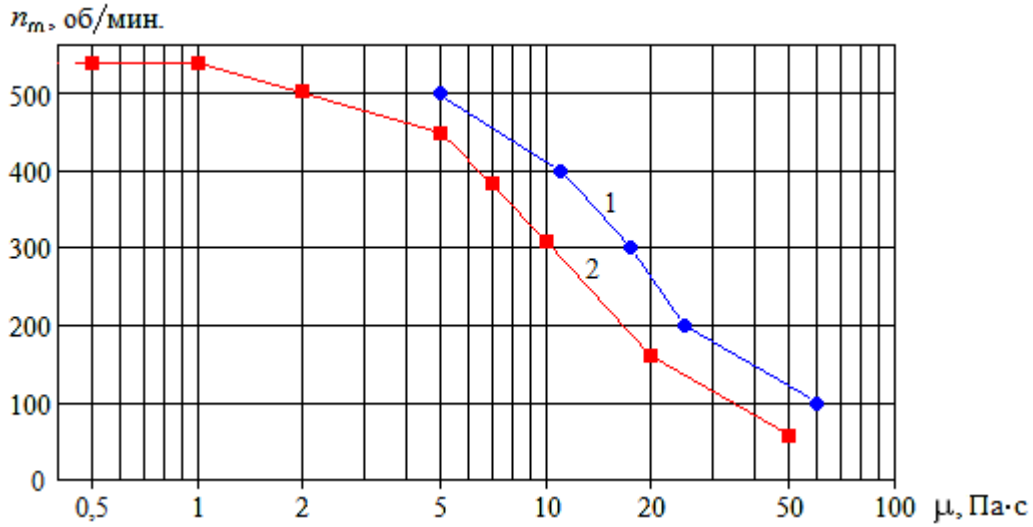


Рисунок 5 – Зависимость НЧВР Vitalobe-430 от КДВ при перекачивании сред с большой вязкостью: 1 – по данным табл. 2, 2 – результат расчета по формуле (2)

Качественно характер зависимостей на рис. 3-5 схож. Количественная же разница может быть довольно большой. Так на рис. 5 расчет по формуле (2) при μ = 50 Па·с дал значение n_m = 56,9 об/мин. При μ = 60 Па·с в табл. 2 n_m = 100 об/мин, значит, при μ = 50 Па·с величина НЧВР должна быть еще выше, примерно 120 об/мин. Это более чем в два раза больше, чем дает расчет по формуле (2). Кроме того, в табл. 2 широкий диапазон КДВ указан только для КН с небольшим рабочим объемом, как на рис. 4. На рис. 5 наименьшее значение КДВ из табл. 2 равно 5 Па·с (в источнике[4] указано, что наибольшее значение ЧВР 600 об/мин. допустимо при КДВ 1 сПз, например, на воде), а на рис. 6 – даже 7 Па·с (на воде 500 об/мин.). Как видно из рис. 6, по табл. 2 в области μ < 7 Па·с значения НЧВР для Vitalobe-470 не определены. Результаты расчета по формуле (2) лишены такого недостатка, по ним можно найти величину НЧВР КН Vitalobe для любых значений КДВ из диапазона 1 Па·с < μ < 50 Па·с.

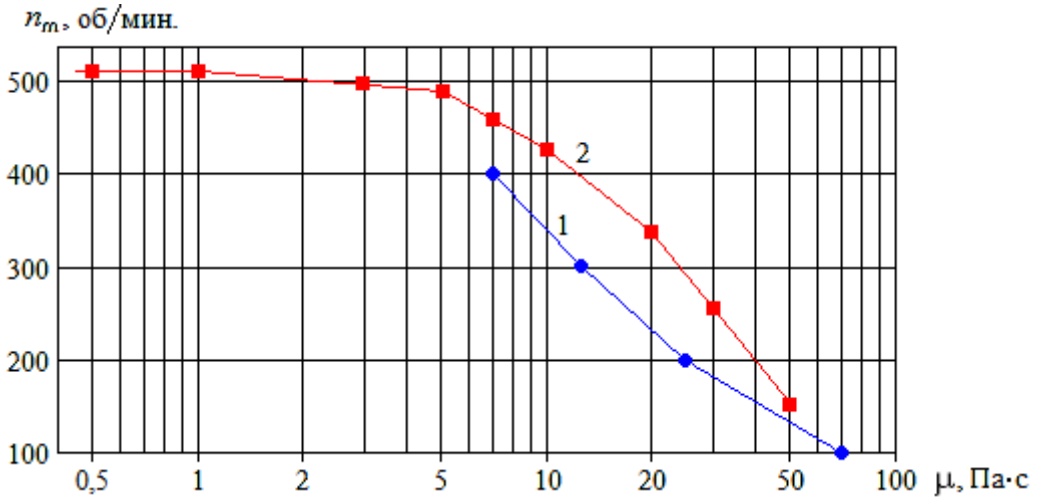


Рисунок 6 – Зависимость НЧВР Vitalobe-470 от КДВ при перекачивании сред с большой вязкостью: 1 – по данным табл. 2, 2 – результат расчета по формуле (2)

Данные табл. 2 не дают возможности построить зависимость НЧВР от величины рабочего объема, так как приведены в ограниченном диапазоне вязкости перекачиваемых жидкостей, к тому же при разных значениях КДВ. Такие зависимости при фиксированных значениях КДВ были получены по рис. 2 следующим образом. На вертикальных прямых линиях (на рис. 2, для примера, μ = 5000 сПз = 5 Па·с) отмечались точки пересечения с линиями, характеризующими выбранные 9 агрегатов рассматриваемой линейки КН. Снимались значения подачи в указанных точках Q_j (j = 1, 2, …, 9). Подстановка Q_j в формулу позволяла рассчитать искомые величины n_j. и построить по ним рис. 7. Значения аргумента – это величина рабочего объема V из табл. 1 для каждого КН.

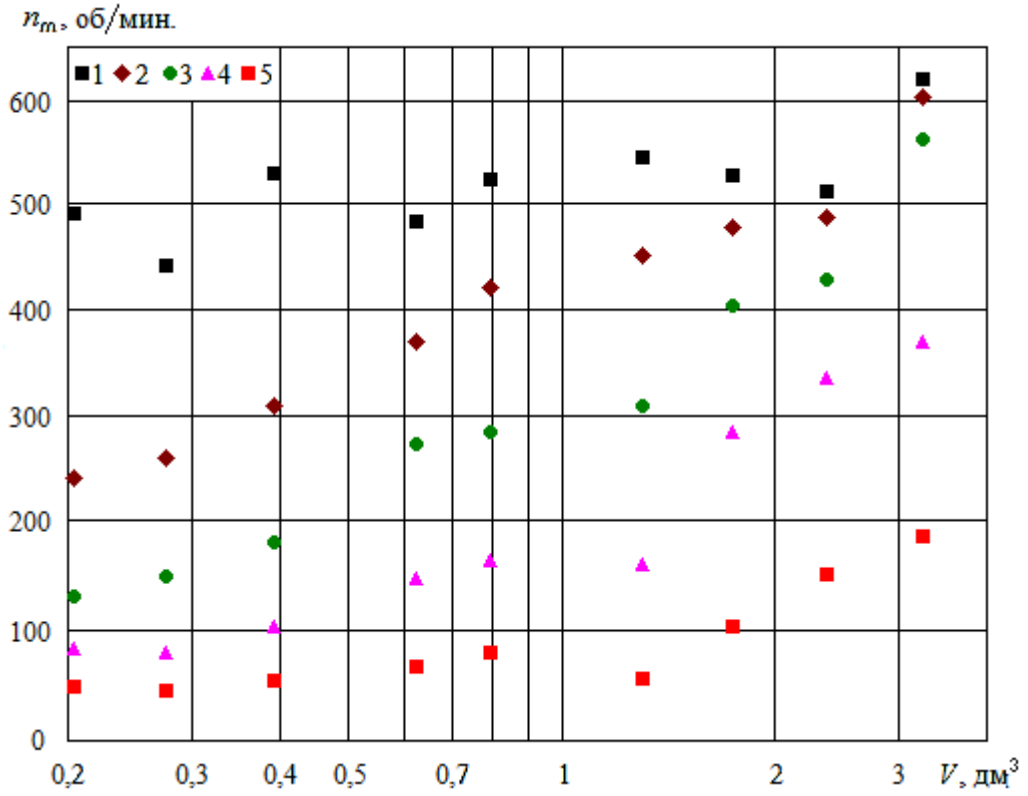


Рисунок 7 – Зависимость НЧВР КН Vitalobe от рабочего объема при различных значениях КДВ – расчет по формуле (2) данных рис. 2: 1 – μ = 1 Па·с, 2 – μ = 5 Па·с, 3 – μ = 10 Па·с, 4 – μ = 20 Па·с, 5 – μ = 50 Па·с

Статистический анализ результатов расчета НЧВР КН Vitalobe при μ = 1 Па·с показал, что при уровне значимости 5 % можно считать все точки 1 на рис. 7, кроме V = 3,24 дм^3 (Vitalobe-490), принадлежат одной генеральной совокупности. Начиная с КДВ μ = 5 Па·с и больше, зависимость НЧВР от рабочего объема является возрастающей. Однако для жидкостей с очень высокой вязкостью такое возрастание проявляется лишь при рабочем объеме КН большем, чем 1 дм^3 (точки 5 на рис. 7).

При заданных значениях КДВ перекачиваемой среды можно аппроксимировать зависимости многочленами, как на рис. 8. Индекс детерминации при использовании линейной аппроксимации составил 0,948 (μ=10 Па·с) и 0,944 (μ=20 Па·с). При параболической аппроксимации, соответственно, 0,960 и 0,956. Разница невелика.

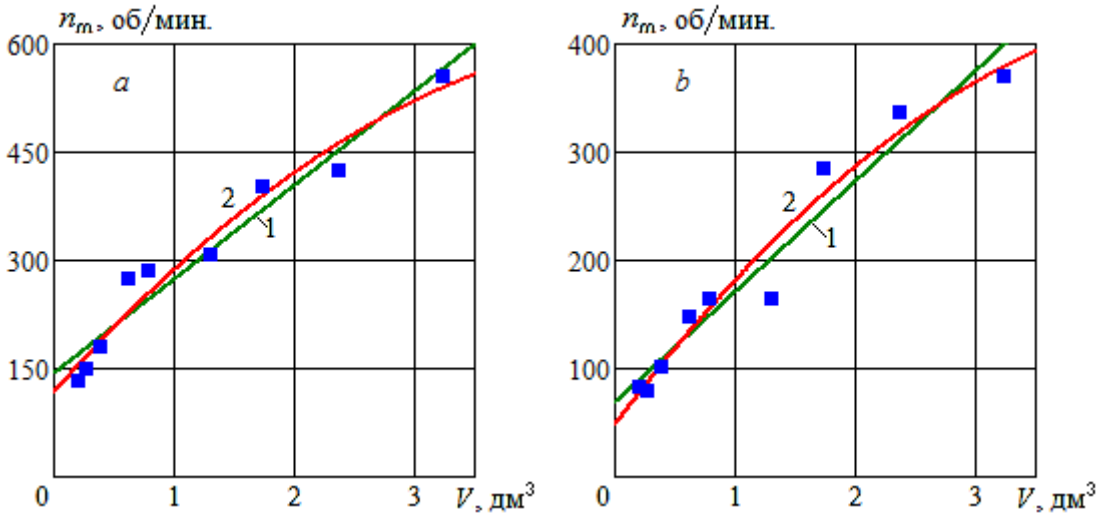


Рисунок 8 – Зависимость НЧВР КН Vitalobe от рабочего объема:
a – μ = 10 Па·с, *b* – μ = 20 Па·с. Точки – данные испытаний; линии – результат аппроксимации многочленами: 1 – первого порядка, 2 – второго порядка

Заключение

Таким образом, поставленная цель достигнута, анализ зависимости НЧВР от КДВ и рабочего объема выполнен на примере результатов испытаний КН линейки Vitalobe. Проведенный анализ показал, что при любых условиях величина НЧВР снижается с ростом КДВ перекачиваемой среды. Зависимость НЧВР от рабочего объема не такая однозначная. При сравнительно небольших значениях КДВ (менее 1000 сПз) зависимость НЧВР от рабочего объема не выявлена. При больших значениях КДВ с увеличением рабочего объема растет и НЧВР. Однако для сред с очень высокой вязкостью (50 000 сПз и более) такое возрастание проявляется лишь при рабочем объеме КН большем, чем 1 дм^3.

Пищевые среды, как правило, являются неньютоновскими жидкостями. Поэтому в дальнейших исследованиях НЧВР необходимо учесть зависимость их КДВ от сдвига скорости.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Schiffer J., Klomberg S. CDF-calculations of the fluid flow in a rotary lobe pump – Evaluation of a numerical model based on measurement results // Conference Proceedings. International Conference on Fluid Flow Technologies. 2012. Vol. 11. P. 842-849.

2. Kang Y.H., Vu H.H. A newly developed rotor profile for lobe pumps: Generation and numerical performance assessment // Journal of Mechanical Science and Technology. 2014. Vol. 28. No, 3. P. 915-926.

3. Li Y.B., Guo D.S, Li X.B. Mitigation of radial exciting force of rotary lobe pump by gradually varied gap // Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. 2018. Vol. 12, No. 1. P. 711-723.

4. Liu D., Xu C., Shi L., Tian B., Jin X. Flow fluctuation abatement method and flow characteristics of lobe pump by external noncircular gear drive // Journal of Mechanical Science and Technology. 2024. Vol. 38, No. 1. P. 271-284.

5. Li Y.B., Du J., Guo D.S. Numerical research on viscous oil flow characteristics inside the rotor cavity of rotary lobe pump // Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 2019. Vol. 41. P. 1-11.

6. Кулаткова А.С., Гиноян Р.В., Денисюк Е.А. Влияние конструктивных особенностей насосов для подачи смеси мороженого на процесс фризерования и качество готового продукта // Механизация и электрификация сельскохозяйственного производства. Инновационные технологии производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы Международной научно-практической конференции. Нижний Новгород: Нижегородская ГСХА, 2020. С. 155-158.

7. Гиноян Р.В., Кулаткова А.С. Применение кулачковых насосов в технологической линии производства мороженного с целью стабилизации подачи смеси // Современные аспекты производства и переработки сельскохозяйственной продукции: материалы VI Международной научно-практической конференции. Краснодар: КубГАУ, 2020. С. 88-92.

8. Гиноян Р.В., Панасин А.В., Кулаткова А.С. Влияние содержания различных доз сухого обезжиренного молока на структурно-механические свойства смесей мороженого и энергопотребление технологического оборудования при производстве мороженого «Пломбир» // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. 2021. № 2(81). С. 18-24.

9. Ahmedova N.R., Levicheva O.I., Naumov V.A. Influence of liquid food products viscosity on lobe pump performance (case of pumping fish oil) // Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. 2022. No. 3. P. 74-81.

10. Ахмедова Н.Р., Левичева О.И., Наумов В.А. Гидравлический расчет системы подачи плавленого сыра кулачковым насосом // Вестник КрасГАУ. 2024. № 6. С. 146–156.

11. Наумов В.А. Производительность и энергетическая эффективность коловратного насоса при перекачивании мясного фарша // Все о мясе. 2024. № 4. С. 27-32.

12. Великанов Н.Л., Наумов В.А. Энергетическая эффективность гидравлической системы с центробежным насосом // Известия вузов. Машиностроение. 2024. № 10(775). С. 54-60.

REFERENCES

1. Schiffer J., Klomberg S. CDF-calculations of the fluid flow in a rotary lobe pump – Evaluation of a numerical model based on measurement results. Conference Proceedings. International Conference on Fluid Flow Technologies. 2012. Vol. 11, pp. 842-849.

2. Kang Y.H., Vu H.H. A newly developed rotor profile for lobe pumps: Generation and numerical performance assessment. Journal of Mechanical Science and Technology. 2014. Vol. 28. No, 3, pp. 915-926.

3. Li Y.B., Guo D.S, Li X.B. Mitigation of radial exciting force of rotary lobe pump by gradually varied gap. Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics. 2018. Vol. 12, No. 1, pp. 711-723.

4. Liu D., Xu C., Shi L., Tian B., Jin X. Flow fluctuation abatement method and flow characteristics of lobe pump by external noncircular gear drive. Journal of Mechanical Science and Technology. 2024. Vol. 38, No. 1, pp. 271-284.

5. Li Y.B., Du J., Guo D.S. Numerical research on viscous oil flow characteristics inside the rotor cavity of rotary lobe pump. Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering. 2019. Vol. 41, pp. 1-11.

6. Kulatkova A.S., Ginoyan R.V., Denisyuk E.A. *Vliyanie konstruktivnyh osobennostej nasosov dlya podachi smesi morozhenogo na process frizerovaniya i kachestvo gotovogo produkta* [The effect of the design features of the pumps for feeding the ice cream mixture on the freezing process and the quality of the finished product]. Mekhanizaciya i elektrifikaciya sel'skohozyajstvennogo proizvodstva. Innovacionnye tekhnologii proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii: materialy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Nizhnij Novgorod: Nizhegorodskaya GSKHA, 2020, pp. 155-158.

7. Ginoyan R.V., Kulatkova A.S. *Primenenie kulachkovyh nasosov v tekhnologicheskoj linii proizvodstva morozhennogo s cel'yu stabilizacii podachi smesi* [The use of cam pumps in the technological ice cream production line in order to stabilize the supply of the mixture]. Sovremennye aspekty proizvodstva i pererabotki sel'skohozyajstvennoj produkcii: materialy VI Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. Krasnodar: KubGAU, 2020, pp. 88-92.

8. Ginoyan R.V., Panasin A.V., Kulatkova A.S. *Vliyanie soderzhaniya razlichnyh doz suhogo obezzhirennogo moloka na strukturno-mekhanicheskie svojstva smesej morozhenogo i energopotreblenie tekhnologicheskogo oborudovaniya pri proizvodstve morozhenogo «Plombir»* [The effect of the content of various doses of skimmed milk powder on the structural and mechanical properties of ice cream mixtures and the energy consumption of technological equipment in the production of ice cream "Plombir"]. *Vestnik Vostochno-Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta tekhnologij i upravleniya*. 2021. No. 2(81), pp. 18-24.

9. Ahmedova N.R., Levicheva O.I., Naumov V.A. Influence of liquid food products viscosity on lobe pump performance (case of pumping fish oil). Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Fishing Industry. 2022. No. 3, pp. 74-81.

10. Ahmedova N.R., Levicheva O.I., Naumov V.A. *Gidravlicheskij raschet sistemy podachi plavlenogo syra kulachkovym nasosom* [Hydraulic calculation of the processed cheese feeding system by a lobe pump]. *Vestnik KrasGAU*. 2024. No. 6, pp. 146–156.

11. Naumov V.A. *Proizvoditel'nost' i energeticheskaya effektivnost' kolovratnogo nasosa pri perekachivanii myasnogo farsha* [Productivity and energy efficiency of the lobe pump for minced meat pumping]. *Vse o myase*. 2024. No. 4, pp. 27-32.

12. Velikanov N.L., Naumov V.A. *Energeticheskaya effektivnost' gidravlicheskoj sistemy s centrobezhnym nasosom* [Energy efficiency of a hydraulic system with a centrifugal pump]. *Izvestiya vuzov. Mashinostroenie*. 2024. No. 10(775), pp. 54-60.

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 05.07.2025; одобрена после рецензирования 27.07.2025, принята к публикации 15.08.2025.
The article was submitted 05.07.2025; approved after reviewing 27.07.2025; accepted for publication 15.08.2025.