

УДК 630.181

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА НА ПРОЧНОСТЬ КОРПУСА ГИДРОНАСОСА ТИПА НШ

Матущенко Алексей Евгеньевич
старший преподаватель
archangel24@mail.ru

Сергунцов Александр Сергеевич
sasha2008_9191@mail.ru

Сарксян Мовсес Дмитриевич
студент
movses.sarksyan.03@mail.ru
Кубанский Государственный Аграрный университет имени И.Т.Трубилина, Краснодар, Россия

Целью в данной статье является разбор работы шестеренчатых гидронасосов и из-за большого количества разновидностей, каждое из них имеет конструктивное изменение. Также рассмотрим в этой статье эксплуатацию насосов, сравним износы между их разновидностями. Итогами данной работы можно считать исследования напряжений и деформаций корпуса гидронасоса НШ которые потом можно использовать для сравнительной оценки прочности восстановленного корпуса

Ключевые слова: КОРПУС, ДЕФОРМАЦИЯ, ШЕСТЕРЕНЧАТЫЙ, ЦИЛИНДР, НАПРЯЖЕНИЕ, ВОЛОКНО

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-190-013>

В данной статье мы рассмотрим разновидность гидронасосов НШ (насос шестеренный), принцип работы у всех таких насосов одинаковый, но размеры и места их эксплуатации дают рассматривать каждый насос с новой стороны, в некоторых насосах износ происходит в большой степени из-за разных нагрузок на него.

Гидравлические системы тракторов, автомобилей и сельскохозяйственных машин оборудованы шестеренчатыми гидронасосами типа НШ-Д, НШ-Э И НШ-У. При одинаковом принципе

UDC 630.181

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

ON THE ISSUE OF CALCULATING THE STRENGTH OF THE NS TYPE HYDRAULIC PUMP HOUSING

Matushchenko Alexey Evgenievich
senior lecturer
archangel24@mail.ru

Serguntsov Alexander Sergeevich
sasha2008_9191@mail.ru

Sarksyan Movses Dmitrievich
student
movses.sarksyan.03@mail.ru
Kuban State Agrarian University named after I.T.Trubilin, Krasnodar, Russia

The purpose of this article is to analyze the operation of gear hydraulic pumps and because of the large number of varieties, each of them has a constructive change. Also consider in this article the operation of pumps, compare the wear between their varieties. The results of this work can be considered studies of stresses and deformations of the hydraulic pump housing, which can then be used for a comparative assessment of the strength of the restored housing

Keywords: BODY, DEFORMATION, GEAR, CYLINDER, TENSION, FIBER

работы они отличаются размерами и некоторыми конструктивными изменениями.

Гидронасосом называется процесс всасывания двигателем масла из бака для дальнейшей подачи его в гидросистему под умеренным давлением. Гидронасос создан для передачи необходимой жидкости для прицепных, навесных или другим элементов сельхозтехники.

Данный гидронасос может работать в разных режимах и положениях: таких как насос или гидромотор. Разберём в каких случаях, работает как насос. Если гидромашинка может приводиться в действие путем действия вращательного момента тогда она будет работать в режиме насоса, а если убрать с вала вращающий момент и подать жидкость на вход гидронасоса, то получится так что машинка начнёт работать в режиме гидромотора.

Существуют ещё множества насосов например такие как аксиально-поршневой гидронасос, он имеет некоторые преимущества в сравнении с нашим насосом, но также имеет и большие недостатки такие как: высокая цена за агрегат в следствии труднодоступность к покупке, легко поддаётся износу в следствии, часто выходит из строя и приводит к ремонту, а ремонт таких насосов выполняется дорогостоящим оборудованием, значит и цена на ремонт таких насосов будет слишком высока. Положительными элементами гидронасоса нш является: большой срок службы, низкая стоимость ремонта данного агрегата, имеет низкую шумовую помеху для человека при эксплуатировании, производит работу без какой-либо пульсации масла, жидкость перемещается с высокой вязкостью.

Рассмотрим другой вид насоса, радиально поршневой. Принципом работы является ротор который производит свою работу в статоре вместе с поршнями, а поршни своё время перемещаются по корпусу и плотно к

нему прилегают за счёт пружин. Выполняя свою работу поршни, работают в двух фазах:

Фаза всасывания. За счёт выдвижения поршня, увеличивается рабочая камера, следственно из-за этого клапан нагнетания переходит в закрытое положения, а клапан всасывания наоборот открывается. И поршень выполняет свою работу до того момента когда будет достигнута его максимальная точка выдвижения .

Фаза нагнетания: Начинает происходить обратный процесс описанный в фазе всасывания, то есть поршень начинает переключатся на отверстия нагнетания и клапан уже не выдвигается, а наоборот вдвигается. Клапан всасывания который в прошлой фазе переходил в открытое положение сейчас наоборот закрывается, а клапан нагнетания открывается и в результате данной работы жидкость начинает вытесняется из насоса за счёт давления.

В отличии от аксиально-поршневого насоса и других, данный агрегат может служить не только в одном положении. За счёт того что плунжер множество рабочих процессов за одно вращения ротора. Это можно считать индивидуальностью данного поршневого насоса, потому что это достигается из-за особенного строения поверхности статора. Плюсом данного насоса является генерация и подъём давления почти до 700 атмосфер, причём после генерации и подъёма может очень долго работать при заданном давлении, и не нужно будет бояться быстрому выходу из строя. Обычно радиально поршневые насосы используют в металлургических прессах или в местах обработки полимеров. К минусам можно отнести несколько факторов таких как: габариты, весовые показатели, при подаче рабочей жидкости уровень пульсации может принимать слишком высокие значения, а иногда даже зашкаливать, из-за непростой конструкции очевидно, что и цена на покупку, и на ремонт

данного агрегата будет высока, а ремонт нужно будет производить нередко из-за загрязнения комплектующих устройства и присутствию абразивных частиц в рабочей жидкости.

Принцип работы гидронасоса НШ лежит на двух шестернях которые находятся как в плотную к корпусу, так и друг к другу. При своём рабочем процессе эти шестерни передают масло из зоны подачи этого масла в зону нагнетания. Насосы типа НШ стали настолько популярны ещё в СССР, что до сих пор актуальны в наших тракторах таких как: МТЗ, за счёт своих положительных качеств, и из-за их большого количества их начали маркировать. В этой статье мы будем исследовать и проводить разбор гидронасоса НШ, так как он на подходит из-за его положительных качеств.

В процессе эксплуатации насоса колдцы корпуса не только изнашиваются, но и увеличиваются по диаметру.

При включении нагрузки давление возрастает до рабочего (100 кгс/см^2). При каждом автоматическом отключении золотника распределителя давление в насосе достигает 135 кгс/см^2 при нормальной регулировке. При срабатывании предохранительного клапана давление в камере нагнетания насоса может быть увеличено до 190 кгс/см^2 . Под влиянием нагрузки корпуса подвержен деформациям, которые могут выходить за пределы упругих.[1,2]

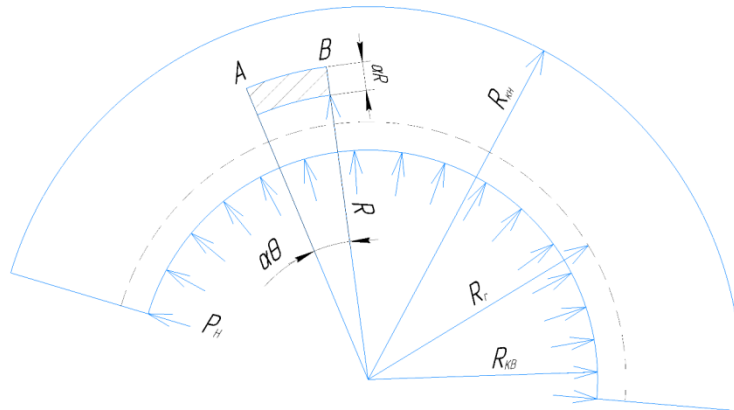


Рис.1. Схема действия сил на корпус.

Для выявления деформаций поверхности корпуса насоса следует определить напряжение, возникающие в сечении.

Корпус насоса рассматриваем, как толстостенный цилиндр, который подвергнут внутреннему давлению масла P_n .

Исходные данные:

1. Материал корпуса – сплав алюминия АЛ-9 с допустимым напряжением $[\sigma] = 500 \text{ кгс/см}^2$.

2. Внутреннее давление рабочей жидкости на корпус (P_n) кгс/см^2 :

а) Рабочее – 100;

б) максимальное – 135;

в) расчетное с учетом перегрузок – 190.

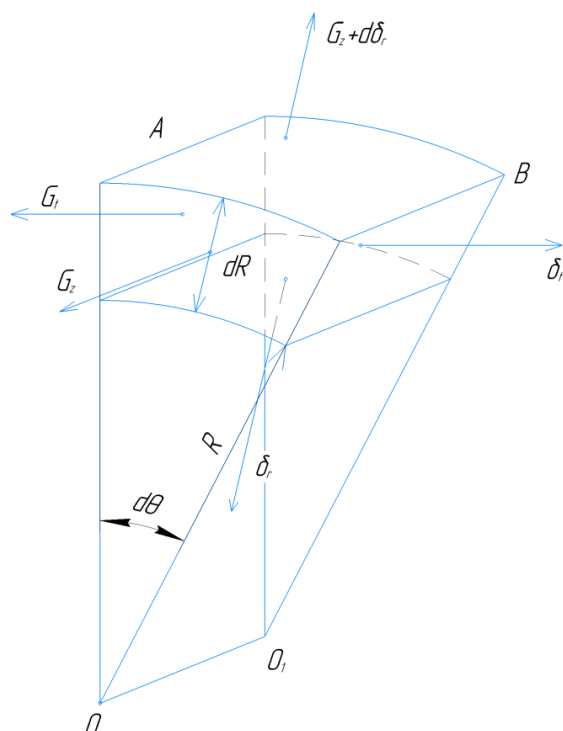


Рис. 2. Схема действия главных напряжений на выделенный участок корпуса АВ.

Размеры корпуса (рис.1);

а) R_{KH} – наружный радиус корпуса, см;

б) R_{KB} – внутренний радиус корпуса, см.

На выделенный элемент АВ (рис. 1,2) действуют нормальные напряжения в радиальном, тангенциальном и продольном направлениях. Радиальные напряжения σ_r и $\sigma_r + d\sigma_r$ действуют по внутренней и наружной поверхностям элемента АВ, а тангенциальные σ_t – по боковым граням [3].

По граням элемента АВ, совпадающим с плоскостью чертежа, будет действовать третье главное продольное напряжение σ_z , вызванное давлением на днище корпуса.

В результате деформации корпуса удлиняется, все точки поперечного сечения перемещаются в радиальном направлении. Обозначим радиальное перемещение точек внутренней поверхности элемента АВ через u (рис 3).

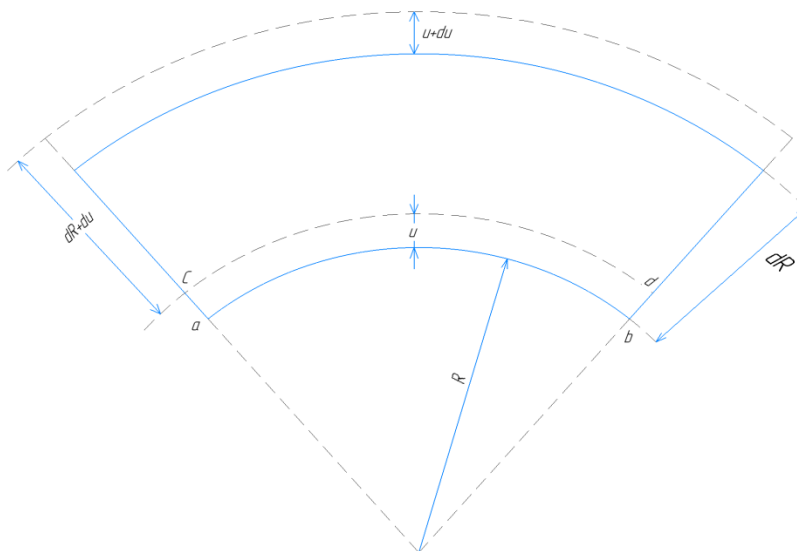


Рис.3. Схема перемещения волокон корпуса.

Точки наружной поверхности переместится по радиусу на величину $u + du$, тогда относительное удлинение корпуса будет равно:

$$\varepsilon_r = \frac{du}{dR}.$$

В направлении напряжений σ_t относительное удлинение ε_t будет равно относительному удлинению дуги ab , занявшей положение cd , так как оно таково же, как относительное удлинение радиуса R :

$$\varepsilon_t = \frac{u}{R}.$$

По закону Гука:

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E} [\sigma_r - \mu\sigma_t - \mu\sigma_z] = \frac{du}{dR}; \quad (1)$$

$$\varepsilon_t = \frac{1}{E} [\sigma_t - \mu\sigma_r - \mu\sigma_z] = \frac{u}{R}, \quad (2)$$

где E – модуль упругости, кгс/см²;

μ – коэффициент Пуассона.

Радикальные и тангенциальные напряжения могут быть определены по формуле Ляме:

$$\sigma_r = \frac{P_2 R_{KB}^2 - P_1 R_{KH}^2}{R_{KH}^2 - R_{KB}^2} - \frac{(P_2 - P_1) R_{KH}^2 R_{KB}^2}{R^2 (R_{KH}^2 - R_{KB}^2)} \quad (3)$$

$$\sigma_t = \frac{P_2 R_{KB}^2 - P_1 R_{KH}^2}{R_{KH}^2 - R_{KB}^2} + \frac{(P_2 - P_1) R_{KH}^2 R_{KB}^2}{R^2 (R_{KH}^2 - R_{KB}^2)} \quad (4)$$

где P_1 и P_2 – наружное и внутреннее давления цилиндра, кгс/см²;

R_{KH} и R_{KB} – наружный и внутренний радиусы цилиндра, см;

R – радиус дуги, проходящей через рассматриваемую точку, см.

Так как наружное давление отсутствует, то формулы (3) и (4) для σ_r и σ_t принимают в нашем конкретном случае следующий вид:

$$\sigma_r = \frac{P_H R_{KB}}{R_{KH}^2 - R_{KB}^2} \left[1 - \frac{R_{KH}^2}{R_{KB}^2} \right] \quad (5)$$

$$\sigma_r = \frac{P_H R_{KB}}{R_{KH}^2 - R_{KB}^2} \left[1 + \frac{R_{KH}^2}{R_{KB}^2} \right]. \quad (6)$$

Продольное напряжение определяем по формуле:

$$\sigma_z = R_H \frac{\pi R_{KB}^2}{\pi (R_{KH}^2 - R_{KB}^2)} = \frac{P_H R_{KB}^2}{R_{KH}^2 - R_{KB}^2} \quad (7)$$

Подставляя численные значения радиусов и давления в формулы (5), (6), (7), получим величины напряжений в различных слоях корпуса. [4]

Для насосов НШ-32 И НШ-46 корпус имеет размеры:

$$R_{KB} = 2,75 \text{ см}; R_{KH} = 4,65 \text{ см.}$$

Напряжения определялись: в точке, расположенной на внутренней поверхности корпуса (σ^{rB} и σ^{tB}), и в точке, расположенной на наружном слое корпуса (σ^{rH} и σ^{tH}), (рис. 1).

Радиальные перемещения определяем по формуле:

$$u = \varepsilon_t R,$$

откуда

$$u_{KB} = \frac{R_{KB}}{E} [\sigma^{tB} - \mu\sigma^{rB} - \mu\sigma^z], \quad (8)$$

$$u_{KH} = \frac{R_{KH}}{E} [\sigma^{tH} - \mu\sigma^{rH} - \mu\sigma^z]. \quad (9)$$

Для АЛ-9 $E = 7,1 \times 10^5$ кгс/см², $\mu = 0,35$.

Подставляя численные значения в формулы (8) и (9) для материала АЛ-9, получим следующие значения радиальных перемещений внутренних и наружных волокон, мкм:

$$\text{при } P_H = 100 \text{ кгс/см}^2 \quad u_{KB} = 8,4144;$$

$$\text{при } P_H = 135 \text{ кгс/см}^2 \quad u_{KB} = 11,3595;$$

$$\text{при } P_H = 190 \text{ кгс/см}^2 \quad \begin{cases} u_{KB} = 15,9874; \\ u_{KH} = 10,2344. \end{cases}$$

Допустимое относительное удлинение находим по формуле Гука:

$$[\varepsilon^t] = \frac{[\sigma]}{E}. \quad (10)$$

Тогда абсолютное допустимое перемещение внутреннего слоя равно:

$$[u] = [\varepsilon^t] R_{KB} = R_{KB} \frac{[\sigma]}{E}. \quad (11)$$

Подставляя численные значения в формулу (11), получим:

$$[u] = 19,3662 \text{ мкм.}$$

Проведенные теоретические исследования показали, что наиболее нагруженной частью корпуса являются внутренние волокна. Так как они испытывают большим перемещениям.[5] Установлено, что все точки сечения корпуса в период работы насоса с перегрузками ($P_H = 190 \text{ кгс/см}^2$) испытывают перемещения в пределах упругих деформаций, то есть:

$$u \leq [u].$$

Этот расчет действителен для статистического действия давления жидкости на стенки корпуса. В действительности корпуса гидронасоса подвергается в обычных эксплуатационных условиях действию динамических сил в момент включения и выключения из работы орудий навесной гидравлической системы. В этом случае при расчете корпуса следует учитывать коэффициент динамичности.[6,7]

Проведенные исследования напряжений и деформаций корпуса гидронасоса НШ можно использовать для сравнительной оценки прочности восстановленного корпуса.

Список литературы

1. Ломов, С. М. Измерительное устройство для контроля внутренних диаметров корпуса, гильзы и золотника гидронасоса / С. М. Ломов, О. С. Ломова, В. В. Макаренко // Динамика систем, механизмов и машин. – 2004. – № 1. – С. 290-293. – EDN WAXQJT.
2. Гвоздев, А. А. Совершенствование стендовой обкатки гидронасосов серии НШ / А. А. Гвоздев // Труды ГОСНИТИ. – 2017. – Т. 126. – С. 48-54. – EDN YLPRPH.
3. Восстановление круглых шестеренных гидронасосов типа НШ-К комбинированным методом / П. В. Сенин, Е. А. Нуязин, П. А. Ионов, С. А. Величко // Тракторы и сельхозмашины. – 2012. – № 10. – С. 42-44. – EDN PIVEBZ.
4. Величко, С. А. Восстановление шестерен гидронасосов НШ-А методом свободных ремонтных размеров / С. А. Величко, А. В. Мартынов // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. – № 2. – С. 47-49. – EDN TPDIXV.
5. Юданова, А. В. Эффективность ускоренных испытаний техники / А. В. Юданова // Инженерно-техническое обеспечение АПК. Реферативный журнал. – 2003. – № 4. – С. 1208. – EDN ESNRMJ.
6. Матушенко, А. Е. Оценка эффективности новой техники / А. Е. Матушенко, И. В. Вульшинская, Л. Д. Сарксян // Образование и наука: современный вектор

развития : материалы Национальной научно-практической конференции, Керчь, 21 июня 2021 года. – Керчь: ФГБОУ ВО «Керченский государственный морской технологический университет», 2021. – С. 29-31. – EDN XYQAI.

7. Матущенко, А. Е. Пневмо-механический высевающий аппарат / А. Е. Матущенко, О. С. Вакуленко // Приднепровский научный вестник. – 2022. – Т. 2, № 10. – С. 102-105. – EDN CJKXТ.

References

1. Lomov, S. M. Izmeritel`noe ustrojstvo dlya kontrolya vnutrennix diametrov korpusa, gil`zy` i zolotnika gidronasosa / S. M. Lomov, O. S. Lomova, V. V. Makarenko // Dinamika sistem, mexanizmov i mashin. – 2004. – № 1. – S. 290-293. – EDN WAXQJT.

2. Gvozdev, A. A. Sovershenstvovanie stendovoj obkatki gidronasosov serii NSh / A. A. Gvozdev // Trudy` GOSNITI. – 2017. – Т. 126. – S. 48-54. – EDN YLPRPH.

3. Vosstanovlenie krugly`x shesterenny`x gidronasosov tipa NSh-K kombinirovanny`m metodom / P. V. Senin, E. A. Nuyanzin, P. A. Ionov, S. A. Velichko // Traktory` i sel`hozmashiny`. – 2012. – № 10. – S. 42-44. – EDN PIVEBZ.

4. Velichko, S. A. Vosstanovlenie shesteren gidronasosov NSh-A metodom svobodny`x remontny`x razmerov / S. A. Velichko, A. V. Marty`nov // Traktory` i sel`hozmashiny`. – 2015. – № 2. – S. 47-49. – EDN TPDIXV.

5. Yudanova, A. V. E`ffektivnost` uskoreny`x ispy`taniy texniki / A. V. Yudanova // Inzhenerno-texnicheskoe obespechenie APK. Referativ-ny`j zhurnal. – 2003. – № 4. – S. 1208. – EDN ECNRMJ.

6. Matushenko, A. E. Ocenka e`ffektivnosti novej texniki / A. E. Matushenko, I. V. Vul`shinskaya, L. D. Sarksy`yan // Obrazovanie i nauka: sovremenny`j vektor razvitiya : materialy` Nacional`noj nauchno-prakticheskoy konferencii, Kerch`, 21 iyunya 2021 goda. – Kerch`: FGBOU VO «Kerchenskij gosudarstvenny`j morskoy texnologicheskij universitet», 2021. – S. 29-31. – EDN XYQAI.

7. Matushenko, A. E. Pnevmo-mexanicheskij vy`sewayushhij apparat / A. E. Matushenko, O. S. Vakulenko // Pridneprovskij nauchny`j vestnik. – 2022. – Т. 2, № 10. – С. 102-105. – EDN CJKXТ.