

Автоматизация процесса подбора оптимальных параметров гидравлических ножниц экскаватора для резки металлических конструкций

Н.С. Галдин², С.А. Зырянова¹, Е.В. Селезнева², О.А. Филимонова²

*¹Московский государственный университет технологий и управления
им. К. Г. Разумовского (Первый казачий университет)*

²Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет, Омск

Аннотация: В статье рассматривается математическая модель гидравлических ножниц экскаватора, описывающая функциональные зависимости их основных параметров на основе регрессионных статистических данных. Представлен алгоритм процесса подбора оптимальных параметров гидроножниц, используемых для разрушения металлических конструкций в процессе демонтажа, приведено описание разработанного программного приложения, автоматизирующего процесс подбора этих параметров. Описанное в статье приложение позволит сократить сроки этапа проектирования навесного оборудования экскаваторов.

Ключевые слова: навесное оборудование, гидравлические ножницы, демонтаж, резка металла, проектирование, математическая модель, автоматизация, подбор параметров, алгоритм, программа.

В современной действительности научно-технический прогресс не стоит на месте, а стремительно движется вперед. Общество постоянно наращивает темпы своего интеллектуального, технического совершенствования, улучшаются технологии, повышается эффективность разнообразных производственных процессов. Инженеры на производствах сталкиваются со все более сложными техническими задачами, для решения которых одним из самых эффективных способов является использование информационных технологий.

Интеграция компьютеров дала возможность не только использовать электронно-вычислительные машины (ЭВМ) фрагментарно для решения отдельных инженерных задач, но и автоматизировать ключевые этапы в проектировании различных конструкций во многих производственных отраслях [1].

Демонтаж объектов строительства является сложной задачей, для решения которой, необходимо привлечь большое количество техники и

инструментов. При сносе любого здания используется самый популярный вид спецтехники – экскаваторы со стандартным комплектом навесного оборудования [2].

Одним из наиболее используемых инструментов демонтажа являются гидравлические ножницы, с помощью которых можно быстро и аккуратно разрушить различные конструкции [3, 4]. Они представляют собой навесное оборудование, которое устанавливается на тяжёлые погрузчики и полноповоротные гусеничные экскаваторы вместо ковша. Принцип работы гидроножниц – сжать и разрезать объект [5, 6].

Понятие гидравлических ножниц представлено в ГОСТ Р 50982-2019 «Техника пожарная. Инструмент для проведения специальных работ на пожарах. Общие технические требования. Методы испытаний».

Кроме того, специализированные гидроножницы современной конструкции предназначены для широкого спектра задач, связанных с обработкой различных материалов. Они успешно выполняют роль в сфере металлообработки, разрушении бетона, осуществлении измельчения плит и работы с древесными материалами. Благодаря своей универсальности, эти инструменты также могут применяться при подводных работах.

Гидравлические ножницы производятся различными фирмами России, Германии, Кореи, Франции и других стран.

Наиболее распространёнными металлическими профилями, используемыми при строительстве зданий и сооружений, и коммуникаций, являются прутки и трубы различных диаметров, швеллеры, пластины и уголки различных площадей поперечного сечения [2]. При демонтаже строительных конструкций эффективным средством резки и разрушения таких элементов являются гидравлические ножницы. На рис.1 представлены гидравлические ножницы для резки и разрушения арматуры, стального проката, балок [7].

При подборе гидравлических ножниц [8] необходимо учитывать силу резания для разрушения материалов различного вида. Это усилие зависит от таких параметров как вид профиля, площадь его поперечного сечения, вид материала, форма режущей поверхности, угол резания.

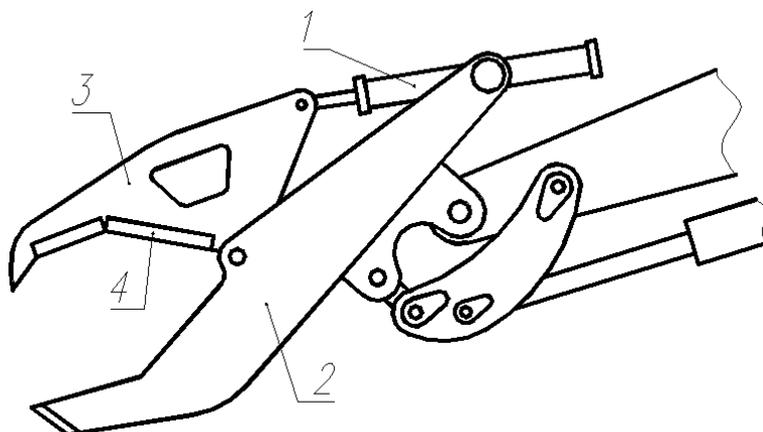


Рис. 1.–Гидроножницы для резки арматуры, стального проката, балок:
1 – гидроцилиндр; 2 – неподвижная челюсть; 3 – подвижная челюсть;
4 – сменный нож

Таким образом, автоматизация процесса подбора параметров гидравлических ножниц экскаваторов для резки металлических изделий является актуальной задачей.

Для автоматизации процесса подбора гидравлических ножниц была рассмотрена математическая модель, в которой были учтены следующие параметры: масса гидроножниц, усилия резания, длина гидроножниц, глубина челюстей, диаметр металлического прутка.

Выбор глубины челюстей и длины гидроножниц при проектировании производится подбором на основе вычисляемых массы гидроножниц и усилия резания, необходимого для резки металлического прутка заданного диаметра (входной параметр).

Определение функциональной зависимости по параметрам усилия резания и массы гидроножниц получено в результате регрессионного анализа статистических данных [7, 9]:

$$T = -0,0002M^2 + 2,7151M - 956,75,$$

где T – усилие резания, кН; M – масса гидрорезающих ножей, кг; $M \in (400, 5500)$.

График зависимости усилия резания от массы гидрорезающих ножей, представленный на рис. 2 показывает, что при массе гидрорезающих ножей от 400 до 5500 кг, усилия резания для разделки металлолома и разрушения железобетонных покрытий достигают величин от 100 до 8000 кН.

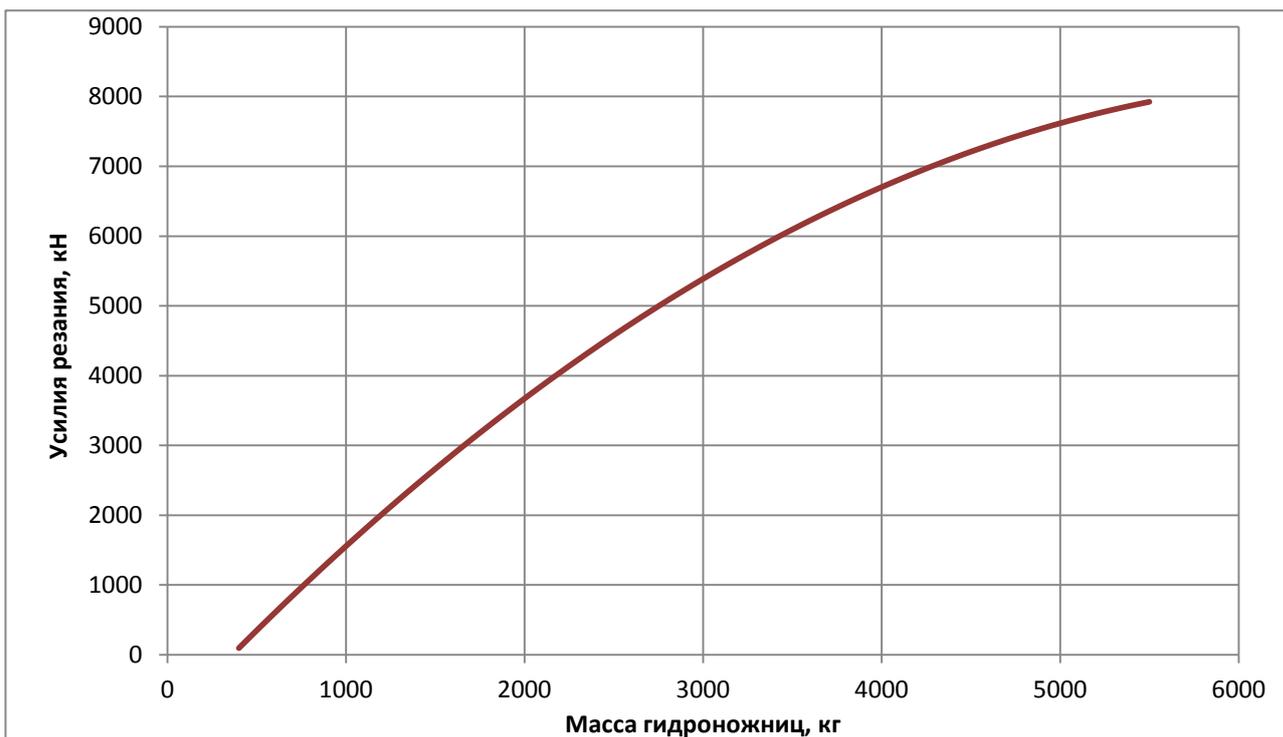


Рис. 2. – Зависимость усилия резания от массы гидрорезающих ножей

Зависимость массы гидравлических ножей от глубины челюстей и длины гидрорезающих ножей определяется формулой [7]:

$$M = 16.25G - 0.5721L - 4848,$$

где M – масса гидрорезающих ножей, кг; G – глубина челюстей гидрорезающих ножей, мм, $G \in (400, 950)$; L – длина гидрорезающих ножей, мм, $L \in (2500, 4500)$.

Для определения функциональной зависимости между массой гидравлических ножей и диаметром металлического прутка, разрезаемого гидрорезающими ножами, используется формула:

$$M = 79.874d - 2359.9,$$

где M – масса гидроножниц, кг; d – диаметр металлического прутка, мм, $d \in (50, 140)$.

На основе данной математической модели был разработан алгоритм расчета основных параметров гидроножниц [10]. На рис.3 представлена блок-схема алгоритма подбора параметров гидравлических ножниц для экскаватора.

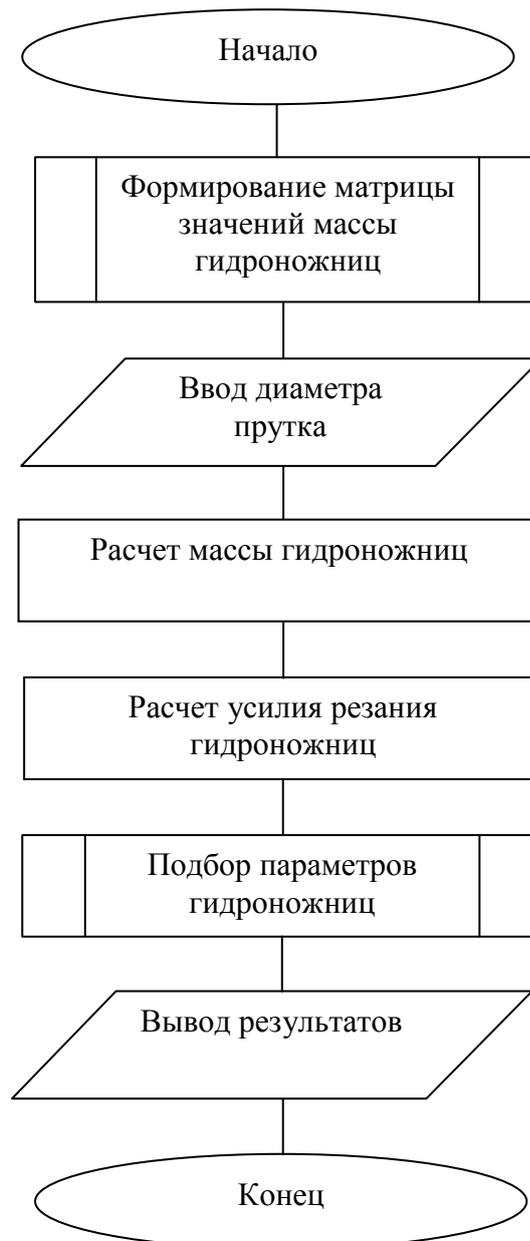


Рис. 3.– Блок-схема алгоритма подбора параметров гидравлических ножниц

На основе представленного на рис. 3 алгоритма было разработано программное приложение, реализованное в MS Excel на языке программирования Visual Basic for Applications (VBA). Использование MS Excel удобно для вывода рассчитанной матрицы массы гидр노жниц (рис.4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X
1	Характеристики гидр노жниц																							
2		Длина гидр노жниц, L																						
3		2500	2600	2700	2800	2900	3000	3100	3200	3300	3400	3500	3600	3700	3800	3900	4000	4100	4200	4300	4400	4500		
4	Глубина челюстей, G	400	922	865	807	750	693	636	578	521	464	407	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5		450	1734	1677	1620	1563	1505	1448	1391	1334	1277	1219	1162	1105	1048	991	933	876	819	762	704	647	590	
6		500	2547	2490	2432	2375	2318	2261	2203	2146	2089	2032	1975	1917	1860	1803	1746	1689	1631	1574	1517	1460	1403	
7		550	3359	3302	3245	3188	3130	3073	3016	2959	2902	2844	2787	2730	2673	2616	2558	2501	2444	2387	2329	2272	2215	
8		600	4172	4115	4057	4000	3943	3886	3828	3771	3714	3657	3600	3542	3485	3428	3371	3314	3256	3199	3142	3085	3028	
9		650	4984	4927	4870	4813	4755	4698	4641	4584	4527	4469	4412	4355	4298	4241	4183	4126	4069	4012	3954	3897	3840	
10		700	5797	5740	5682	5625	5568	5511	5453	5396	5339	5282	5225	5167	5110	5053	4996	4939	4881	4824	4767	4710	4653	
11		750	6609	6552	6495	6438	6380	6323	6266	6209	6152	6094	6037	5980	5923	5866	5808	5751	5694	5637	5579	5522	5465	
12		800	7422	7365	7307	7250	7193	7136	7078	7021	6964	6907	6850	6792	6735	6678	6621	6564	6506	6449	6392	6335	6278	
13		850	8234	8177	8120	8063	8005	7948	7891	7834	7777	7719	7662	7605	7548	7491	7433	7376	7319	7262	7204	7147	7090	
14	900	9047	8990	8932	8875	8818	8761	8703	8646	8589	8532	8475	8417	8360	8303	8246	8189	8131	8074	8017	7960	7903		
15	950	9859	9802	9745	9688	9630	9573	9516	9459	9402	9344	9287	9230	9173	9116	9058	9001	8944	8887	8829	8772	8715		

Рис. 4. – Матрица значений возможной массы гидр노жниц

Интерфейс программы подбора параметров гидр노жниц представлен на рис. 5.

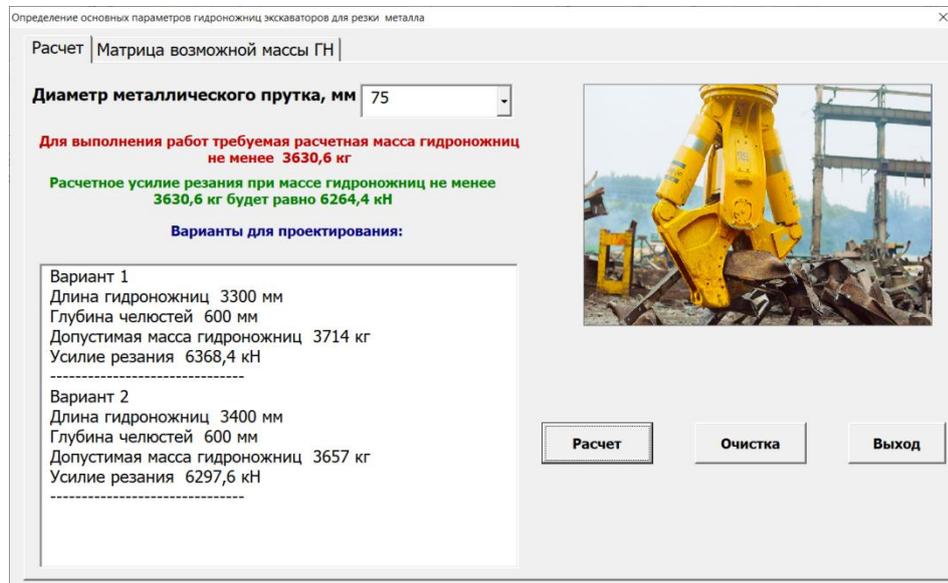


Рис.5. – Интерфейс программного приложения подбора оптимальных параметров гидр노жниц

Входным параметром является диаметр металлического прутка, результатом работы являются возможные варианты проектирования параметров гидравлических ножниц.

Разработанное приложение обладает понятным и простым в использовании интерфейсом, позволяет рассчитать на основе введенного диаметра металлического прутка расчетную массу гидножниц, необходимое усилие резания (усилие на режущей кромке гидножниц) для разрушения прутка, а также подобрать по рассчитанным величинам оптимальные параметры гидравлических ножниц: длину, глубину челюстей.

Таким образом, основной целью исследования является рассмотрение математической модели гидравлических ножниц, описывающей функциональные зависимости основных параметров гидножниц; автоматизация процесса подбора оптимальных параметров гидравлических ножниц. В результате практического применения описанного в статье программного приложения представляется возможным сокращение сроков и трудозатрат инженеров-проектировщиков навесного оборудования для экскаваторов, используемого для разрушения металлических строительных конструкций. Кроме этого, приложение может использоваться научными работниками для исследований и моделирования экскаваторов с комплектом навесного оборудования.

Литература

1. Мухаметгалеев Т.Х., Бикбулатов Р.И., Пирогова А.М. Автоматизация расчета параметров греющего провода при зимнем бетонировании // Инженерный вестник Дона, 2022, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8041

2. Густов, Д.Ю., Густов Ю.И. Экологические аспекты механизации работ при сносе зданий и сооружений. // Актуальные проблемы строительной отрасли и образования. Сборник докладов Первой Национальной конференции. Москва, 2020. С. 433-437.

3. Дмитриевич Ю. Гидроножницы – сменный рабочий орган одноковшовых экскаваторов // Основные средства, 2011, №9. URL: [...](#)



os1.ru/article/5212-gidronojnitsy-smenniy-rabochiy-organ-odnokovshovyh-
ekskavatorov

4. Мендекеев Р.А., Нышанбаева А.Б., Кыдыралиева У.С., Турарбек У.У. Мобильные гидравлические ножницы для выполнения работ по сносу зданий и сооружений // Вестник Кыргызского государственного университета строительства, транспорта и архитектуры им. Н.Исанова, 2021, № 1 (71). С. 26-37.

5. Frimpong S. Dynamic Modeling of Hydraulic Shovel Excavators for Geomaterials // International Journal of Geomechanics, v. 8, no. 1, pp. 1532-3641.

6. Jiaqi Xu, Hwan-Sik Yoon A Review on Mechanical and Hydraulic System Modeling of Excavator Manipulator System // Journal of Construction Engineering Volume 2016 (3), Article ID 9409370, p. 11.

7. Галдин Н.С., Семенова И.А. Гидравлические ножницы для экскаваторов. Омск: СибАДИ, 2022. 165с.

8. Галдин Н.С., Архипенко М.Ю. Гидравлические ножницы как предмет моделирования // Вестник воронежского государственного технического университета, 2010. Т. 6. № 9. С. 96-98.

9. Васильева Е.В. Технология работ при досыпке грунтовых водонапорных сооружений // Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1955.

10. Дидух И.С., Разумов И.А., Селезнева Е.В., Филимонова О.А. Автоматизация навесного гидравлического оборудования для демонтажа объектов // Архитектурно-строительный и дорожно-транспортный комплексы: проблемы, перспективы, инновации. Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, приуроченной к проведению в Российской Федерации Десятилетия науки и технологий. Омск, 2022. С. 539-542.

References

1. Mukhametgaleev T.Kh, Bikbulatov R.I., Pirogova A.M. Inzhenernyj vestnik Dona, 2022, №12. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n12y2022/8041
2. Gustov, D.Yu., Gustov Yu.I. Aktual'nye problemy stroitel'noy otrasli i obrazovaniya. Sbornik dokladov Pervoy Natsional'noy konferentsii. Moskva, 2020. P. 433-437.
3. Dmitrevich Yu. Osnovnye sredstva, 2011, №9. URL: os1.ru/article/5212-gidronojnitsy-smenniy-rabochiy-organ-odnokovshovyh-ekskavatorov.
4. Mendekeev R.A., Nyshanbaeva A.B., Kydyralieva U.S., Turarbek U.U. Vestnik Kyrgyzskogo gosudarstvennogo universiteta stroitel'stva, transporta i arkhitektury im. N.Isanova, 2021, № 1 (71). pp. 26-37.
5. Frimpong S. International Journal of Geomechanics, v. 8, no. 1, pp. 1532-3641.
6. Jiaqi Xu, Hwan-Sik Yoon Journal of Construction Engineering Volume 2016 (3), Article ID 9409370, P. 11.
7. Galdin N.S., Semenova I.A. Gidravlicheskie nozhnitsy dlya ekskavatorov. Omsk: SibADI, 2022. P. 165.
8. Galdin N.S. Arkhipenko M.Yu. Vestnik voronezhskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta, 2010. T. 6. № 9. pp. 96-98.
9. Vasil'eva E.V. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/1955
10. Diduh I.S., Razumov I.A., Selezneva E.V., Filimonova O.A. Arhitekturno-stroitel'nyj i dorozhno-transportnyj komplekсы: problemy, perspektivy, innovacii. Sbornik materialov VII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, priurochennoj k provedeniyu v Rossijskoj Federacii Desyatiletija nauki i tekhnologij. Omsk, 2022. pp. 539-542.