

Научная статья
УДК 532.542

ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЕ ПОТЕРИ В ТОПЛИВОПРОВОДЕ КАМАЗА

Михаил Алексеевич Кузнецов¹, Сергей Николаевич Исаков²

^{1, 2} Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург, Россия

¹ reasons13why@yandex.ru

² isakovsn@m.usfeu.ru

Аннотация. Рассчитаны гидродинамические характеристики участков трубопроводов топливной системы автомобиля КАМАЗ. Расчет произведен аналитическим и компьютерным способами.

Ключевые слова. топливопровод, гидродинамика, гидравлическое сопротивление

Для цитирования: Кузнецов М. А., Исаков С. Н. Гидродинамические потери в топливопроводе КАМАЗа // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России = Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia : материалы XXI Всероссийской (национальной) научно-технической конференции студентов и аспирантов. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 577–581.

Original article

HYDRODYNAMIC LOSSES IN THE KAMAZ FUEL PIPELINE

Mikhail A. Kuznetsov¹, Sergey N. Isakov²

^{1, 2} Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ reasons13why@yandex.ru

² isakovsn@m.usfeu.ru

Abstract. The hydrodynamic characteristics of pipeline sections of a KAMAZ vehicle fuel system are calculated. The calculation was made using analytical and computer methods.

Keywords: Fuel line, hydrodynamics, hydraulic resistance

For citation: Kuznetsov M. A., Isakov S. N. (2025) Gidrodinamicheskie poteri v toplivoprovode KAMAZa [Hydrodynamic losses in the KAMAZ fuel pipeline]. Nauchnoe tvorchestvo molodezhi – lesnomu kompleksu Rossii [Scientific creativity of youth to the forest complex of Russia] : proceedings of the XXI All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of undergraduate and postgraduate students. Ekaterinburg: USFEU, 2025. Pp. 577–581. (In Russ).

Мощность двигателя автомобиля расходуется не только на перемещение автомобиля, на инерцию, трение в двигателе и трансмиссии, на работу генератора и другое, но и на перекачку дизельного топлива в магистрали низкого и высокого давлений. Мощность расходуется на перемещение дизтоплива, создание давления и преодоление гидродинамического сопротивления, которые зависят от следующих факторов: вязкости перекачиваемой жидкости и ее скорости, диаметра, формы и шероховатости трубопровода.

Для расчета приняты следующие характеристики дизельного топлива при различных температурах: зависимость плотности от температуры (рис. 1) и кинематической вязкости (рис. 2).

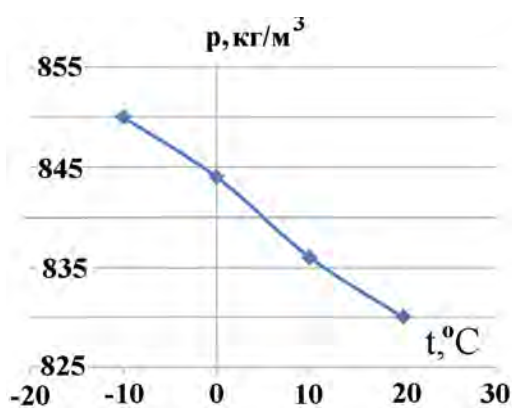


Рис. 1. График зависимости удельной массы дизельного топлива от температуры

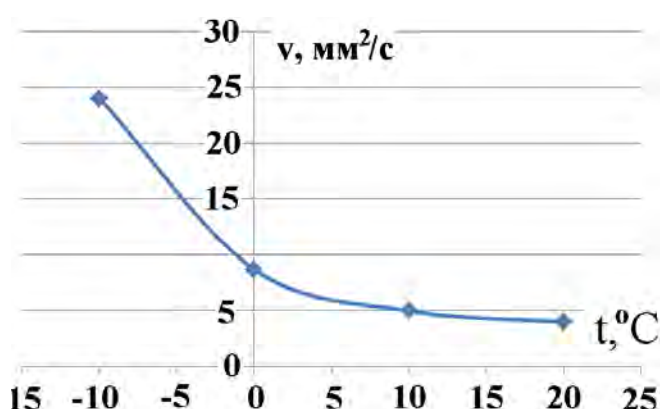


Рис. 2. График зависимости кинематической вязкости дизельного топлива от температуры

Для расчета было выбрано два участка трубопровода [1]: всасывающий – от топливного бака до топливоподкачивающего насоса низкого давления (рис. 3, а) и два напорных – от топливного насоса низкого давления (ТПН) до топливного насоса высокого давления (ТНВД) (рис. 3, б) и после него (рис. 3, в).

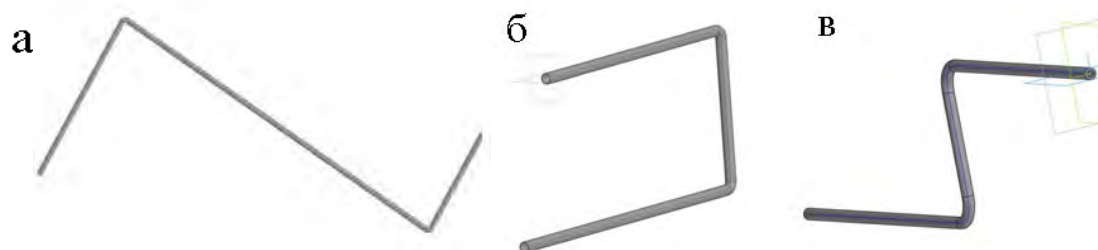


Рис. 3. Расчетные участки трубопроводов до ТПН (а), от ТПН до ТНВД (б) и после ТНВД (в)

Для аналитического расчета сопротивления принято, что оно состоит из гидравлических потерь по длине (h_{lBC}) и местных сопротивлений (h_{jBC}) [2, 3].

$$h_{\omega BC} = h_{lBC} + h_{jBC} . \quad (1)$$

Гидравлические потери по длине определяются по формуле

$$h_{lBC} = \lambda \frac{lc^2 \rho}{2d} , \quad (2)$$

где λ – коэффициент гидравлического сопротивления;

l – длина топливопровода;

c – скорость потока в топливопроводе;

ρ – удельная масса жидкости;

d – диаметр топливопровода.

Местные сопротивления высчитываются следующим образом при известном коэффициенте сопротивления (ε):

$$h_{jBC} = \varepsilon \frac{c^2}{2} \rho . \quad (3)$$

Для компьютерного расчета использовалась компьютерная программа гидродинамического расчета, в которую загружались твердотельные объемы жидкости, наносилась конечно-элементная сетка (рис. 4) [4]. Так как модель симметрична, то для упрощения модели создавалась половина объема, а программе указывалась плоскость симметрии, что соответствует целому объему.

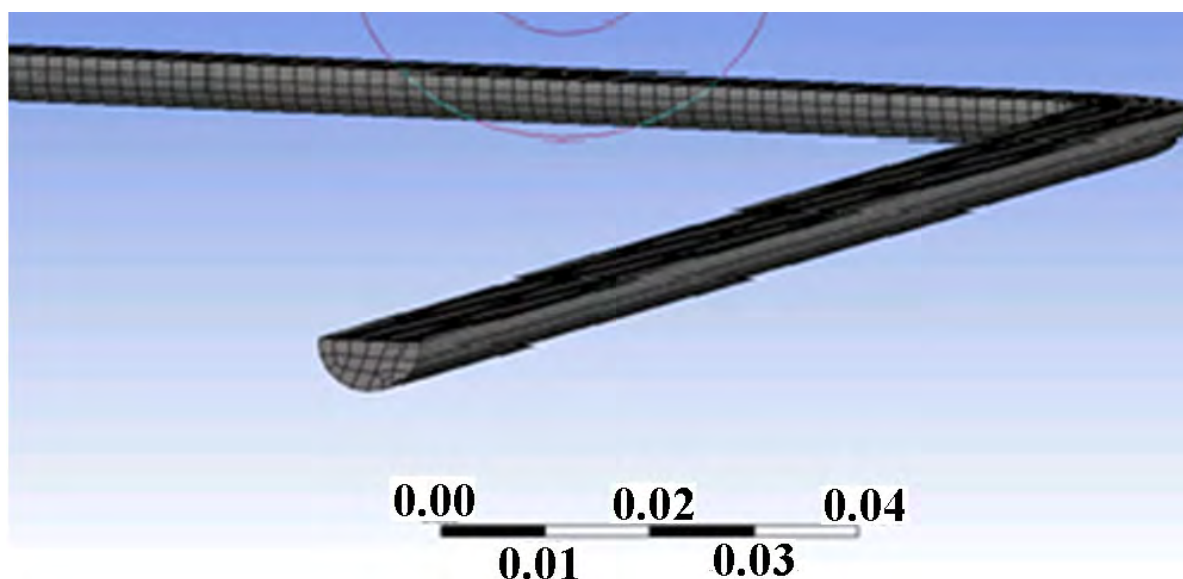


Рис. 4. Конечно-элементная сетка на объеме жидкости

Результаты расчетов представлялись в виде числовых решений и полей давлений (рис. 5).

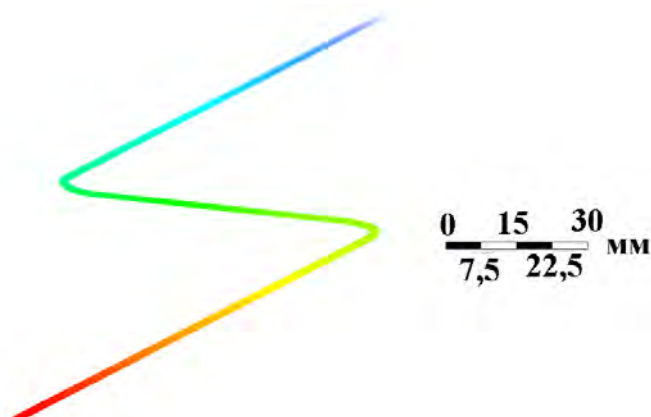


Рис. 5. Поля распределения давлений в трубопроводе до ТПН

Далее аналитические и компьютерные расчеты сравнивались, данные заносились в таблицу, в которой определялось отклонение.

Сравнение результатов расчетов аналитическим методом и компьютерным

Участок	Темп., °C	Скорость топлива, м/с			Давление на входе, Па			Давление на выходе, Па		
		Комп.	Ана- лит.	%	Комп.	Аналит.	%	Комп.	Аналит.	%
До ТПН	–10	1,29	1,2	7,5	691944	700000	1,2	685984	686000	0
	0	1,305	1,2	8,8	500312	500000	–0,1	493981	494000	0
	10	1,307	1,2	8,9	301440	300000	–0,5	294990	295000	0
	20	1,308	1,2	9,0	301204	300000	–0,4	294992	295000	0
От ТПН до ТНВД	–10	1,628	1,2	35,7	494711	500000	1,1	691976	692000	0
	0	1,74	1,2	45,0	491882	492000	0,0	491882	492000	0
	10	1,755	1,2	46,3	299638	300000	0,1	296877	297000	0
	20	1,756	1,2	46,3	299644	300000	0,1	296888	297000	0
После ТНВД	–10	3,79	3,5	8,3	1,35E+08	1,4E+08	0,2	1,35E+08	1,3E+08	0
	0	3,92	3,5	12,0	1,35E+08	1,4E+08	0,0	1,35E+08	1,3E+08	0
	10	4,02	3,5	14,9	1,35E+08	1,4E+08	0,0	1,35E+08	1,3E+08	0
	20	4,11	3,5	17,4	1,35E+08	1,4E+08	0,1	1,35E+08	1,3E+08	0

Сравнение показало хорошую сходимость результатов по расчету давления на входе и на выходе рассчитываемых участков. Большие расхождения получили при расчете скоростей, но скорее всего это связано со свойствами топлива.

В работе проведены исследования гидродинамических процессов в топливопроводах низкого и высокого давления топливной системы дизельного двигателя КАМАЗ. Были произведены расчеты гидравлических потерь аналитическим и компьютерным методами. Были проанализированы результаты и сделаны выводы.

Список источников

1. Устройство системы CommonRail. URL: <http://zetavto.ru/ustroystvo-i-princip-raboty-sistemy> (дата обращения: 25.05.2024).

2. Гидравлический привод технологических машин металлургического производства : учебное пособие / В. В. Точилкин, А. И. Курочкин, О. А. Филатова, В. В. Точилкин. Магнитогорск : МГТУ им. Г. И. Носова, 2021. 141 с. ISBN 978-5-9967-2298-3. URL: <https://e.lanbook.com/book/263759> (дата обращения: 12.11.2024). Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Попова О. И., Попова М. И., Новокщенов С. Л. Расчет объемного гидропривода : учебное пособие. Воронеж : ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», 2019. 88 с.

4. Исаков С. Н. Гидродинамические процессы в массоподводящих системах бумагоделательных машин // Инновации – основа развития целлюлозно-бумажной и лесоперерабатывающей промышленности : сборник материалов VI Всероссийской отраслевой научно-практической конференции. Екатеринбург : УГЛТУ, 2018. С. 200–206.