

Заключение

Основными характеристиками, определяющими эксплуатационные свойства дизельного топлива, являются вязкость и плотность. Указанные показатели зависят от температуры, способа получения топлива, свойств нефти. Поэтому при температуре до -5°C используют летние сорта топлива, при -5 до -20°C – зимние, свыше -20°C – арктические. Возможность эксплуатации дизелей при отрицательных температурах характеризуется такими его свойствами, как температура помутнения и застывания. При помутнении топлива в нем появляются кристаллы, приводящие к забиванию фильтров и трубок системы питания и работа двигателя, становится невозможной. Поэтому необходимо строго соблюдать применение соответствующего сорта топлива температурному режиму окружающей среды. Не рекомендуется осуществлять смешивание летних и зимних сортов топлива. Для улучшения подвижности топлива в условиях отрицательных температур следует в летние сорта топлива добавлять керосин, либо использовать специальные устройства подогрева топлива.

Литература

1. Итинская Н.И., Кузнецов Н. А., Справочник по топливу, маслам и техническим жидкостям. – М.: Колос, 1982.
2. Власов П.А. Особенности эксплуатации дизельной топливной аппаратуры. – М.: Агропромиздат, 1986.

УДК 532.559.5

АНАЛИЗ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ МАГИСТРАЛИ ПОДАЧИ КОНСЕРВАЦИОННОЙ ЖИДКОСТИ НА РАСПЫЛЕНИЕ

Петрашев А.И., д.т.н., Клеников В.В., аспирант

ГНУ ВНИИТН Россельхозакадемии

г. Тамбов, Российская Федерация

Введение

Механизированный процесс нанесения жидких консервационных материалов на поверхности сельхозмашин осуществляется при их нагнетании под давлением из баков по патрубкам и шлангам в пистолет-распылитель. При гидравлическом расчете магистрали подачи консервационной жидкости требуется учитывать не только падение давления по длине, но и в местах изменения сечения магистрали: в соединениях, патрубках, штуцерах. Падение давления в этих местах часто составляет значительную часть от общих потерь в магистрали. После каждого изменения сечения изменяются кинематические параметры потока от начальных (на входе) до стабилизи-

рованных в зоне равномерного движения [1, 2]. Существующие методы гидравлического расчета магистрали довольно громоздки, и их сложно применить при настройке распылительного оборудования на заданный норматив расхода материала.

Основная часть

Рассмотрим установившееся неравномерное движение жидкости с постоянной по длине средней скоростью u_c , которое имеет место на начальном участке магистрали. На длине начального участка происходит перераспределение скоростей в поперечном сечении магистрали и, соответственно, изменение максимальной скорости $u_{\max}$ потока. Примем, что магистраль подачи консервационной жидкости имеет круглоцилиндрический канал радиусом r_o , в котором максимальной является осевая скорость - $u_{\max}$. Особенности движения жидкости на начальном участке магистрали можно охарактеризовать с помощью коэффициента k осевой скорости, представляющего собой отношение:

$$k = u_{\max}/u_c > 1. \quad (1)$$

В самом деле, неравномерность движения жидкости отражается изменением величины коэффициента k по длине начального участка, а установившийся характер движения - постоянством этого коэффициента во времени в произвольном сечении магистрали. Используя отношение (1), расход жидкости определяем как по средней скорости, так и по осевой:

$$q = \pi r_o^2 u_c, \quad q = \pi r_o^2 u_{\max}/k. \quad (2)$$

Функция распределения продольных скоростей u в поперечном сечении установившегося потока жидкости должна быть согласована с уравнениями (2). Этому условию удовлетворяет предложенная нами [3] функциональная зависимость:

$$u/u_{\max} = 1 - (r/r_o)^{\frac{2}{k-1}}, \quad (3)$$

где r - расстояние от оси потока до слоя жидкости.

Для функции (3) распределения скоростей соответствует распределение касательных напряжений в поперечном сечении потока, определяемое по формуле:

$$\tau/\tau_o = (r/r_o)^{\frac{3-k}{k-1}},$$

где τ , τ_o - касательные напряжения в потоке и на стенке магистрали; $\tau < \tau_o$ действительно при $1 < k < 3$.

Касательное напряжение τ_o на стенке магистрали:

$$\tau_o = \frac{2\eta u_{\max}}{(k-1)r_o}.$$

где η - динамическая вязкость жидкости.

Сила f вязкого трения, отнесенная к единице длины начального участка, зависит от площади $(2\pi r \cdot 1)$ поверхности, вдоль которой действуют касательные напряжения:

$$f = 2\pi r \tau = \frac{4\pi\eta u_{\max}}{k-1} \left(r/r_o\right)^{\frac{2}{k-1}}. \quad (4)$$

В поперечном сечении по радиусу потока между распределениями скорости - $u / u_{\max}$ и силы - $f / f_{\max}$ существует обратная взаимосвязь, которую определим из выражений (3) и (4):

$$u/u_{\max} = 1 - f / f_{\max}, \quad (5)$$

где $f_{\max}$ - сила трения на стенке магистрали.

В процессе движения жидкости энергия потока тратится на преодоление вязкого трения между слоями. Потери энергии потока - n между его слоями за единицу времени определим по формуле:

$$n = f u. \quad (6)$$

С помощью выражения (5) приведем формулу (6) к виду:

$$n = f_{\max} (u_{\max} - u) u / u_{\max}.$$

Затраты энергии на трение неравномерно распределены по сечению потока и имеют экстремум, определяемый из условия равенства нулю производной:

$$\frac{dn}{du} = f_{\max} (u_{\max} - 2u) / u_{\max} = 0. \quad (7)$$

Решением уравнения (7) является скорость $u_3 = 0,5u_{\max}$, при которой в слое движущейся жидкости теряется максимальное количество энергии. Периметр потока по скорости u_3 характерен тем, что делит потери энергии на трение на две равные части. Половина энергии теряется в центральном ядре потока, ограниченном слоем со скоростью u_3 , а другая половина - в кольцевом сечении между этим же слоем и стенкой магистрали. Поэтому суммарные потери энергии N в сечении потока движущейся жидкости:

$$N = (2 f_{\max} / u_{\max}) \cdot \int_0^{0,5u_{\max}} (u_{\max} - 2u) du.$$

После интегрирования имеем

$$N = 0,5 f_{\max} u_{\max} = \pi \eta u_c^2 \frac{2k^2}{k-1}. \quad (8)$$

Определим гидравлический уклон J_1 в произвольном сечении магистрали, поделив потери энергии N на расход $q = \pi r_o^2 u_c$:

$$J_1 = \frac{u_c \eta}{r_o^2} \cdot \frac{2k^2}{k-1}. \quad (9)$$

Согласно формуле (9) гидравлический уклон зависит не только от вязкости жидкости, средней скорости и радиуса магистрали, но и от коэффициента осевой скорости. Определим гидравлический уклон с помощью формулы Дарси-Вейсбаха:

$$J_2 = \frac{\lambda \rho}{4r_o} = \frac{u_c \eta}{r_o^2} \cdot \frac{\lambda Re}{8}, \quad (10)$$

где ρ - плотность жидкости; Re - число Рейнольдса, $Re = 2r_o \rho / (u_c \eta)$.

Исходя из равнозначности выражений (9) и (10) для гидравлических уклонов, приравняем $J_1 = J_2$ и получим зависимость для определения текущей величины коэффициента λ гидравлического сопротивления в сечениях магистрали:

$$\lambda Re = \frac{16k^2}{k-1}. \quad (11)$$

Уравнение (11) определяет взаимосвязь двух безразмерных гидравлических величин λRe с коэффициентом k , характеризующим распределение скоростей в поперечном сечении потока.

Из условия экстремума, при котором:

$$\frac{d(\lambda Re)}{dk} = \frac{16k(k-2)}{(k-1)^2} = 0,$$

действительная величина коэффициента $k = 2$ и соответствует минимуму сопротивления - $(\lambda Re) = 64$. При любом другом действительном значении коэффициента ($k \neq 2$), произведение $(\lambda Re) > 64$. Минимальной величины коэффициент гидравлического сопротивления $\lambda = 64/Re$ может иметь место в идеальных условиях равномерного ламинарного движения жидкости. Любое искажение радиуса магистрали или ее изгиб приведут к отклонению величины коэффициента k от значения экстремума, равного 2-м, и росту коэффициента гидравлического сопротивления λ .

При коэффициенте $k = 2$ потери энергии в сечении потока, определяемые по формуле (8), тоже минимальны:

$$N_{\min} = 8\pi \eta u_c^2.$$

Анализ зависимости: $N/N_{\min} = 0,25k^2/(k-1)$ - позволяет судить о стабилизации потерь энергии потока в интервале коэффициента $1,75 \leq k \leq 2,3$. Здесь потери энергии не превышают 2 % от минимальной величины (рисунок).

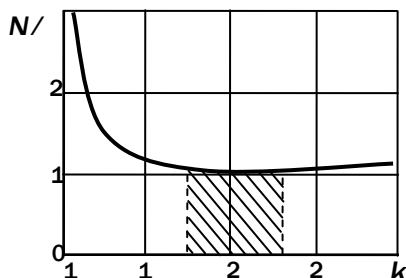


Рисунок — Влияние коэффициента k на потери энергии $N/N_{\min}$ потока

Минимальные потери энергии на трение имеют место при распределении скоростей по радиусу ламинарного потока в виде параболы Пуазейля: $u/u_{\max} = 1 - (r/r_0)^2$ - с коэффициентом $k = 2$. Функция (3) однородна с уравнением параболы Пуазейля и может быть названа квазипараболической (подобной параболической), а распределение скоростей потока в его поперечном сечении - квазипараболическим.

Заметим, что коэффициенты осевой скорости - k и гидравлического сопротивления - λ могут быть переменными на участках реальной магистрали, также неизвестна их связь с расходом q жидкости, подаваемой по магистрали. Для упрощения гидравлического расчета магистрали подачи в целом, примем приведенные величины этих коэффициентов - k_{π} , λ_{π} , при этом:

$$\lambda_{\pi} \text{Re} = \frac{16k_{\pi}^2}{k_{\pi} - 1} \quad (12)$$

Формула (12) не раскрывает влияния величины расхода q жидкости на приведенный коэффициент осевой скорости - k_{π} , но позволяет установить наличие или отсутствие связи между ними по опытными данным: если при изменении расхода q произведение $(\lambda_{\pi} \text{Re})$ постоянно, то приведенный коэффициент k_{π} не зависит от величины q ; если произведение $(\lambda_{\pi} \text{Re})$ - переменным, то между величиной расхода q и коэффициентом k_{π} имеется связь.

Таблица — Исследование гидравлического сопротивления магистрали

Наименование показателей	Значения показателей					
	1	2	3	4	5	6
Расход масла, q , мл/с	4	8	12	16	20	24
Коэффициент гидравлического сопротивления, λ_{π}	26,0	12,5	8,5	6,3	5,0	4,2
Произведение $(\lambda_{\pi} \text{Re})$	85,8	83,7	85,0	83,4	83,5	84,0

Экспериментальное гидравлическое исследование проводили на нью-

тоновской жидкости, в качестве которой использовали консервационное масло К-17 ($\eta = 0,112$ Па·с). Масло подавали по патрубкам, штуцерам и шлангу, соединенным в общую магистраль. Результаты обработки опытных данных сведены в таблицу.

Увеличение расхода q в 6 раз фактически не повлияло на произведение $(\lambda_n \text{Re})$, что указывает на постоянство приведенного коэффициента k_n осевой скорости для всех участков магистрали, а также на отсутствие связи между коэффициентом k_n и расходом q в рамках данного исследования. С учетом того, что величина произведения $(\lambda_n \text{Re})$ неизменна, получена формула для оперативного расчета падения давления ΔP в магистрали, составленной из патрубков и шлангов различных длин $(L_1, \dots, L_n)$ и радиусов $(r_1, \dots, r_n)$:

$$\Delta P = (\lambda_n \text{Re}) \frac{q\eta}{8\pi} \cdot \left[\frac{L_1}{r_1^4} + \dots + \frac{L_n}{r_n^4} \right]. \quad (13)$$

Применительно к исследуемой магистрали имеем:

$$\Delta P = 84,2 \cdot \frac{q\eta}{8\pi} \cdot \left[\frac{L_1}{r_1^4} + \dots + \frac{L_n}{r_n^4} \right]. \quad (14)$$

Заключение

Формулой (14) целесообразно пользоваться в расчетах потерь напора консервационной жидкости, которую требуется подавать на распыление с расходом q , необходимым для нанесения защитного покрытия нормативной толщины.

Литература

1. Штеренлихт Д.В. Гидравлика. - М.: Энергоатомиздат, 1984.
2. Рабинович Е.З. Гидравлика. - М.: Недра, 1974.
3. Петрашев А.И. Гидравлическое сопротивление движению консервационных жидкостей по шлангу //Техника в сельском хозяйстве. - 2006, № 1. - С. 25-27.

УДК 621.891

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ТРИБОСИСТЕМАХ МАШИН И МЕХАНИЗМОВ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ НОВОЙ ТЕХНИКИ

Войтов В.А., д.т.н., профессор, Козырь А.Г., аспирант

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
им. П. Василенко, г. Харьков, Украина*

Введение

При создании новой техники перед конструктором возникает задача определения триботехнических характеристик трибосистем, которые не имеют прототипа, а создание их физических моделей для лабораторных