

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ  
РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА И ТЕХНИЧЕСКОГО  
ОБСЛУЖИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

РАСХОД ЖИДКОСТИ

В. И. ПРИСС

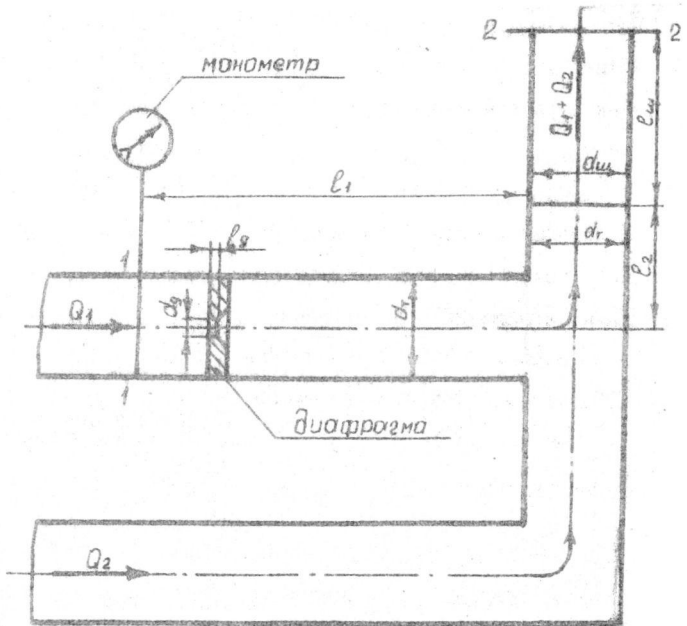
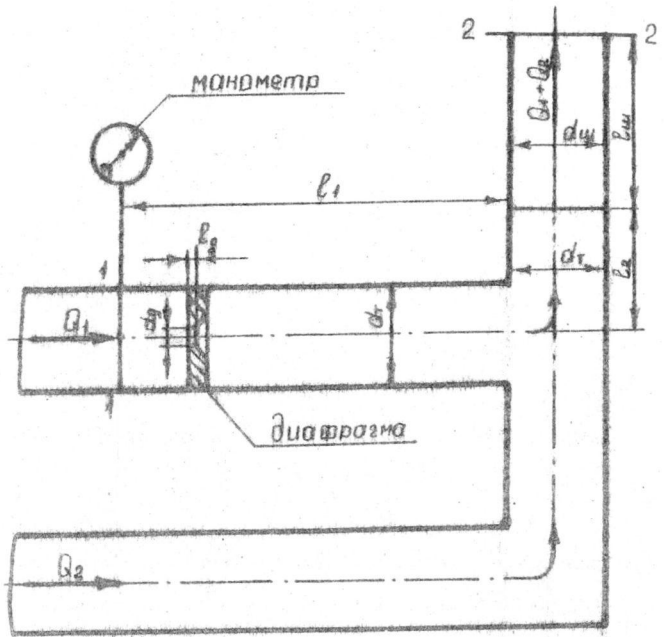
БИМСХ

В настоящее время отечественной и зарубежной промышленностью выпускаются сельскохозяйственные машины, которые оснащаются различными гидроприводами с широким диапазоном расхода жидкости и давления.

Для измерения расхода жидкости в элементах гидроприводов промышленностью выпускаются различные приборы и устройства (счетчики жидкости, щелевые дроссели-расходомеры, расходомеры переменного перепада давления и др.) Однако все выпускаемые приборы обладают ограниченными возможностями. Они имеют узкий диапазон измерения расхода жидкости ( $\frac{Q_{\max}}{Q_{\min}} \approx 3 \dots 10$ ), в то время, как гидропроводы машин имеют диапазон расхода от 5 до 200 литров в минуту.

Нами проведены исследования по обоснованию возможности использования гидравлического сопротивления диафрагмы для измерения расхода жидкости. Принципиальная схема этого расходомера показана на рисунке. Для измерения расхода измеряется давление  $P_{из}$  манометром, установленным перед диафрагмой (сеч. I-I). В сечении 2-2 жидкость вытекает в атмосферу.

Из уравнения Бернулли, записанного для сечений I-I и 2-2 и уравнения постоянства расхода, следует:



$$P_{\text{из}} + \frac{d \rho Q_1^2}{2 S_T^2} = \frac{d \rho (Q_1 + Q_2)^2}{2 S_{\text{ш}}^2} + \frac{\lambda_1 l_1 \rho Q_1^2}{d_T 2 S_T^2} +$$

$$+ \frac{\rho (Q_1 + Q_2)^2}{2 S_T^2} \left( \frac{\lambda_2 l_2}{d_T} + \frac{\lambda_{\text{ш}} l_{\text{ш}}}{d_{\text{ш}}} + \xi_{\text{тр}} \right) + \xi \frac{Q_1^2}{2 S_T^2} (1),$$

где  $\rho$  - плотность жидкости  
 $d$  - коэффициент кинетической энергии потока жидкости  
 (для ламинарного режима = 2, турбулентного - 2,2).

$Q_1, Q_2$  - расходы жидкости в трубопроводах;

$S_T$  - площадь сечения трубопровода;

$S_{\text{ш}}$  - площадь сечения шланга;

$\lambda_1$  и  $\lambda_2$  - коэффициенты гидравлического трения трубопроводов;

$\lambda_{\text{ш}}$  - коэффициент гидравлического трения шланга;

$d_T$  - диаметр трубопроводов;

$l_1, l_2, l_{\text{ш}}$  - длины трубопроводов и шланга;

$\xi_{\text{тр}}$  - коэффициент гидравлического сопротивления тройника;

$\xi$  - коэффициент сопротивления диафрагмы.

Гидроагрегаты испытываются при давлениях 10 МПа. Расход жидкости в гидроагрегатах достигает 200 л/мин. При этом величина

$$\frac{d \rho (Q_1 + Q_2)^2}{2 S_{\text{ш}}^2} - \frac{d \rho Q_1^2}{2 S_T^2}$$

не превышает 0,5...0,7 % от статического давления и ее можно пренебречь. Тогда потери давления на участке I-I...2-2 составят:

$$P_{\text{из}} = \frac{\rho Q_1^2 \lambda_1 l_1}{d_T 2 S_T^2} + \frac{\xi Q_1^2}{2 S_T^2} +$$

$$+ \rho \frac{(Q_1 + Q_2)^2}{2 S_T^2} \left( \lambda_2 \frac{l_2}{d_T} + \lambda_{\text{ш}} \frac{l_{\text{ш}}}{d_{\text{ш}}} + \xi_{\text{тр}} \right). \quad (2)$$

Используем зависимость коэффициента сопротивления диафрагмы от числа Рейнольдса ( $Re = v d \rho / \nu$ ) при различных отношениях,  $\frac{S_d}{S_T}$ , где  $S_d$  - площадь отверстия диафрагмы;

$\nu$  - коэффициент кинематической вязкости.

При  $\frac{S_d}{S_T} = 0,03$  и  $Re = 1000$  коэффициент гидравлического сопротивления диафрагмы  $\zeta = 1400$ .

Все коэффициенты, составляющие уравнения 2  $\frac{Re}{d}$ ,  $\zeta_T \rho$ , чрезвычайно малы и в сумме составляют 1,5 % по сравнению с коэффициентом  $\zeta$  и ими можно пренебречь. Тогда формула 2 примет следующий вид:

$$P_{\mu} = \frac{\zeta \rho Q_1^2}{2 S_T^2}, \quad (3)$$

откуда

$$Q_1 = \sqrt{P_{\mu} \frac{2 S_T^2}{\rho \zeta}}. \quad (4)$$

Проанализируем значение коэффициента сопротивления диафрагмы.

Ввиду большой сложности структуры потока в местных сопротивлениях, в том числе и в диафрагме, значение коэффициента  $\zeta$ , как правило, определяется только опытным путем.

Согласно теории подобия величина  $\zeta$  при установившемся движении зависит от формы местного сопротивления и числа  $Re$ .

При турбулентном режиме коэффициенты сопротивления диафрагм практически не зависят от числа Рейнольдса. Так, при  $\frac{S_d}{S_T} = 0,03$  коэффициент сопротивления  $\zeta$  остается постоянным при числе  $Re > 1000$ . С уменьшением  $\frac{S_d}{S_T}$ , которое приводит ко все большему преобладанию роли вихревых потерь, границы линейного и квадратичного законов сопротивления смещаются в область меньших

значений числа *Re*.

Эти данные показывают возможность применения гидравлического сопротивления диафрагмы в сочетании с манометром в качестве расходомера жидкости.

Нами разработан, изготовлен и испытан прибор для диагностирования гидроприводов самоходных сельскохозяйственных машин КИ-2569I, обеспечивающий измерение расхода жидкости от 5 до 200 литров в минуту при давлении 0,5...35 МПа. Рассмотренный выше расходомер является основным элементом данного прибора. Максимальная относительная погрешность измерения расхода жидкости  $\pm 2,5\%$ .

Главремонтом Госкомсельхозтехники СССР прибор КИ-2569I рекомендован к серийному производству.

#### ПРИБОР НЕПРЕРЫВНОГО КОНТРОЛЯ ЗА ОПТИМАЛЬ- НЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

М.С. КРИНКО

Н.И. БОХАН

М.И. ТКАЧЕНКО

БИМСХ

I. В условиях реальной эксплуатации машинно-тракторный агрегат работает на полях с переменным рельефом, непостоянной влажностью и твердостью почвы, изменяющейся глубиной обработки и неравномерным поступлением продукта к рабочим органам, что вызывает отклонение нагрузочного режима работы двигателя от оптимального значения (максимум производительности, минимум расхода топлива), который в процессе работы МТА должен постоянно поддерживаться. Отсутствие на тракторах приборных средств контроля за режимами работы МТА не позволяет правильно выбрать трактористу оп-