

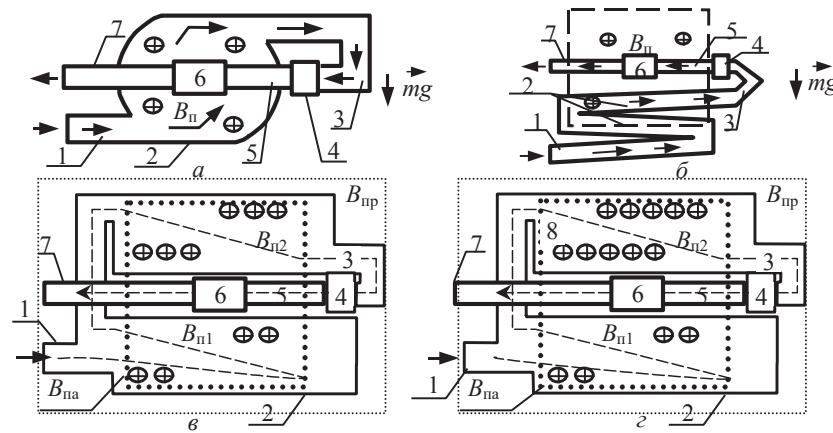
И. О. Оробей, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)
В. В. Сарока, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)
Д. А. Гринюк, доц., канд. техн. наук (БГТУ, г. Минск)
М. А. Анкуда, ст. преп. (БГТУ, г. Минск)

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКЦИИ ПЕРВИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ МЕТОЧНЫХ ЯМР-РАСХОДОМЕРОВ ДЛЯ МИНИМИЗАЦИИ ПОГРЕШНОСТЕЙ

Разработка ЯМР-расходомеров для технологических процессов требует специальных мер по снижению релаксационных погрешностей и погрешностей смены режима течения, что может достигаться рациональным выбором проточной части с целью смещения диапазона с изменением режима течения в область малых расходов при искусственной турбулизации потока. Снижение погрешностей достигается в расходомерах с плоским распределением скоростей на выходе поляризатора и с малой длиной транспортного и измерительного участков, не обеспечивающей формирования ламинарного или турбулентного потоков. Итоговое распределение скоростей по сечению на измерительном участке приближается к равномерному, что уменьшает погрешности. Снизить погрешности можно корректировкой выходного сигнала по вязкости, но вискозиметр увеличивает гидравлическое сопротивление и время измерения, что усложняет конструкцию. Для технических жидкостей, у которых изменение вязкости связано с температурой, корректировка может проводиться по температуре и плотности жидкости. При работе с одним типом жидкости достаточно температуры, которая связана с индукцией поля анализатора.

При разработке ЯМР-расходомера точностные характеристики обеспечиваются оптимизацией проточной части преобразователя. Поэтому расчет его конструкции кроме определения диапазона расходов должен включать минимизацию релаксационных погрешностей и погрешностей смены режима течения с использованием метода расчета информативного параметра. На первом этапе выбирается схема преобразователя. Известны устройства с пространственным разделением поляризатора, датчика меток и анализатора. Поскольку к постоянному полю отметки особых требований не предъявляется, катушку отметки помещают в поле рассеяния магнитов поляризатора или анализатора, получая систему с совмещением отметчика с поляризатором или анализатором. Первичные преобразователи с отдельными поляризатором и анализатором обладают рядом недостатков: большие масса и габариты; низкая помехоустойчивость; значительное размагничивание на транспортном участке. Это затрудняет измерение расходов жидкостей с малыми временами релаксации T_1 . Данных недостатков лишены

тракты с совмещенными поляризатором и анализатором. Для них поляризация, отметка и анализ намагниченности производятся в поле одной магнитной системы.



а – однокамерный поляризатор с перетеканием жидкости над измерительным участком; границы полюсных наконечников совпадают с границами кюветы; б – однокамерный поляризатор без перетекания с восходящим потоком; штриховыми линиями показаны границы полюсных наконечников; в – двухкамерный поляризатор с перетеканием жидкости над измерительным участком; границы полюсных наконечников совпадают с границами кюветы; г – двухкамерный поляризатор с перетеканием жидкости над измерительным участком, в объем второй камеры введены парамагнитные ионы; границы полюсных наконечников совпадают с границами кюветы;.

1 – входной патрубок; 2 – поляризатор; 3 – транспортный участок; 4 – катушка отметки; 5 – измерительный участок; 6 – катушка регистрации; 7 – выходной патрубок; 8 – наполнитель с парамагнитными ионами; индукция ортогональна плоскости чертежа; mg – сила тяжести.

Рисунок 1 – Гидравлические тракты первичных преобразователей с совмещенными поляризатором и анализатором

Схемы первичных преобразователей с совмещенными поляризатором и анализатором отличаются исполнением поляризаторов и магнитной системы. В расходомерах для сред с большими T_1 используется однокамерный поляризатор с перетеканием жидкости над измерительным участком (рисунок 1а). Достоинство конструкции – полное использование объема рабочего зазора магнитной системы для поляризации, недостатки – увеличение длины рабочего зазора (что снижает индукцию поля) и наличие застойных зон с накоплением в них газовых пузырей.

Для измерителя малых расходов быстрорелаксирующих жидкостей, например, дизельного топлива, можно выбрать гидравлический тракт по однокамерной схеме без перетекания с восходящим потоком (рисунок 1б), что снижает объем поляризатора, но обеспечивает его стабильность при минимальной длине рабочего зазора. Для измерения

расходов растворов солей подходит гидравлический тракт, выполненный по двухкамерной схеме (рисунок 1г), у которого введение парамагнитных ионов снижает объем поляризатора, но обеспечивает сокращение времени релаксации и обеспечивает стабильность при минимальной длине рабочего зазора. Магнитное поле первичного преобразователя с совмещенными поляризатором и анализатором может создаваться любыми системами на основе постоянных магнитов или электромагнитов. Экспериментально исследовались открытая магнитная система П-образного типа и закрытая система броневого типа. Система броневого типа является электромагнитным экраном, обеспечивая помехозащищенность расположенных внутри электронных компонентов, а также исключает влияние внешних полей на индукцию в центре зазора.

На следующем этапе проводится расчет намагниченностей [1] для нескольких наборов параметров трактов с совмещенными поляризатором и анализатором. По зависимостям намагниченностей от расхода для известных релаксационных характеристик определяется диапазон измеряемых расходов. Выбор гидравлического тракта завершается расчетом информативного параметра и определением на его основе погрешностей смены режима течения и релаксационных погрешностей, причем исследование погрешностей смены режима течения требует информации о возможных границах переходного режима течения. Анализ литературных источников указывает большой (до 10%) вклад погрешностей смены режима течения в основную приведенную погрешность для отобранных первичных преобразователей, тогда как вклад релаксационных погрешностей значительно меньше. Снижение погрешностей достигается использованием пространственной протяженности процесса установления ламинарного потока. У трубопровода, длина которого меньше длины начального участка, распределение скоростей приближается к равномерному по сечению.

Использование такого механизма требует уменьшения длин транспортного и измерительного участков по сравнению с внутренним диаметром трубопровода, в идеале – отказа от транспортного участка, формирующего ламинарный поток. Поэтому гидравлический тракт целесообразно выполнить в виде колен с поворотом потока на 90°, обеспечивающих перемешивание жидкости на входе в катушку отметки. Проверка [1] подтверждает равномерное распределение скоростей и снижение вклада погрешностей смены режима течения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика определения информативного параметра меточного ЯМР – расходомера по спектральному разложению намагниченности при движении метки по измерительному участку / В.В. Сарока, О.И. Оробей, Д.А. Гринюк, М.А. Анкуда, И.О. Оробей // Труды БГТУ. Сер. VI. Физ.-мат. науки и информ. – 2009. – Вып. XVII. – С. 77–81.