

АВТОМАТИЗАЦИЯ МАСЛЯНОГО ПЫЛЕУЛОВИТЕЛЯ НА МЕСТОРОЖДЕНИИ ГАЗА

Можейко Л.А.¹

Научный руководитель: Семенов Н.М.²

¹Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники 8Т11, e-mail: lam11@tpu.ru

²Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, Старший преподаватель, e-mail: setyonov@tpu.ru

Аннотация

В работе рассмотрена проблема поддержания уровня масла в масляном пылеуловителе на месторождении газа. Составлено и предложено решение по усовершенствованию масляного пылеуловителя с внедрением автоматизации регулирования уровня масла.

Ключевые слова: масляный пылеуловитель, природный газ, масло, уровень.

Введение

Природный газ является всё более востребованным ресурсом в настоящее время и играет важную роль в большинстве производств на территории России. Добыча природного газа – сложный процесс, при котором требуется очистка газа от различных примесей. В частности, очистка механических примесей производится в масляных пылеуловителях, где присутствует отток масла вместе с проходящим газом, вследствие чего возникает проблема регулирования уровня масла.

С целью улучшения качества регулирования и увеличения эффективности очистки газа возникает необходимость в разработке новых способов автоматизации масляного пылеуловителя. В представленной работе разработан и предложен вариант автоматизации масляного пылеуловителя с применением современных средств автоматизации.

Описание варианта автоматизации масляного пылеуловителя

При добыче природного газа производится его очистка с использованием циклонных и масляных пылеуловителей, а также гравитационных сепараторов. Обращая внимание на масляные пылеуловители, обладающие высокой степенью очистки (до 97-98%) [1], отмечается безвозвратный расход масла, уходящего вместе с природным газом. Поскольку такой расход приводит к уменьшению уровня масла в пылеуловителе, для повышения эффективности его работы необходимо создание автоматизированной системы, способной определять недостаток уровня и восполнять его без прямого вмешательства работников.

Решая проблему, связанную с регулированием уровня масла, был разработан вариант системы, в которой присутствует как сам пылеуловитель, так и оборудование для очистки масла. Уровнемеры, установленные в системе, занимаются непрерывной передачей информации об уровне масла в SCADA и автоматизированное рабочее место (АРМ) оператора. Клапаны, выполняющие роль исполнительного механизма и производят восполнение и пропуск масла. На случай нештатной ситуации, связанной с превышенным или недостаточным уровнем масла, в системе применяется световая и звуковая сигнализация. На рисунке 1 представлена структурная схема предлагаемой системы автоматизации масляного пылеуловителя. На рисунке 2 представлена функциональная схема этой системы.



Рис. 1. Структурная схема системы автоматизации масляного пылеуловителя

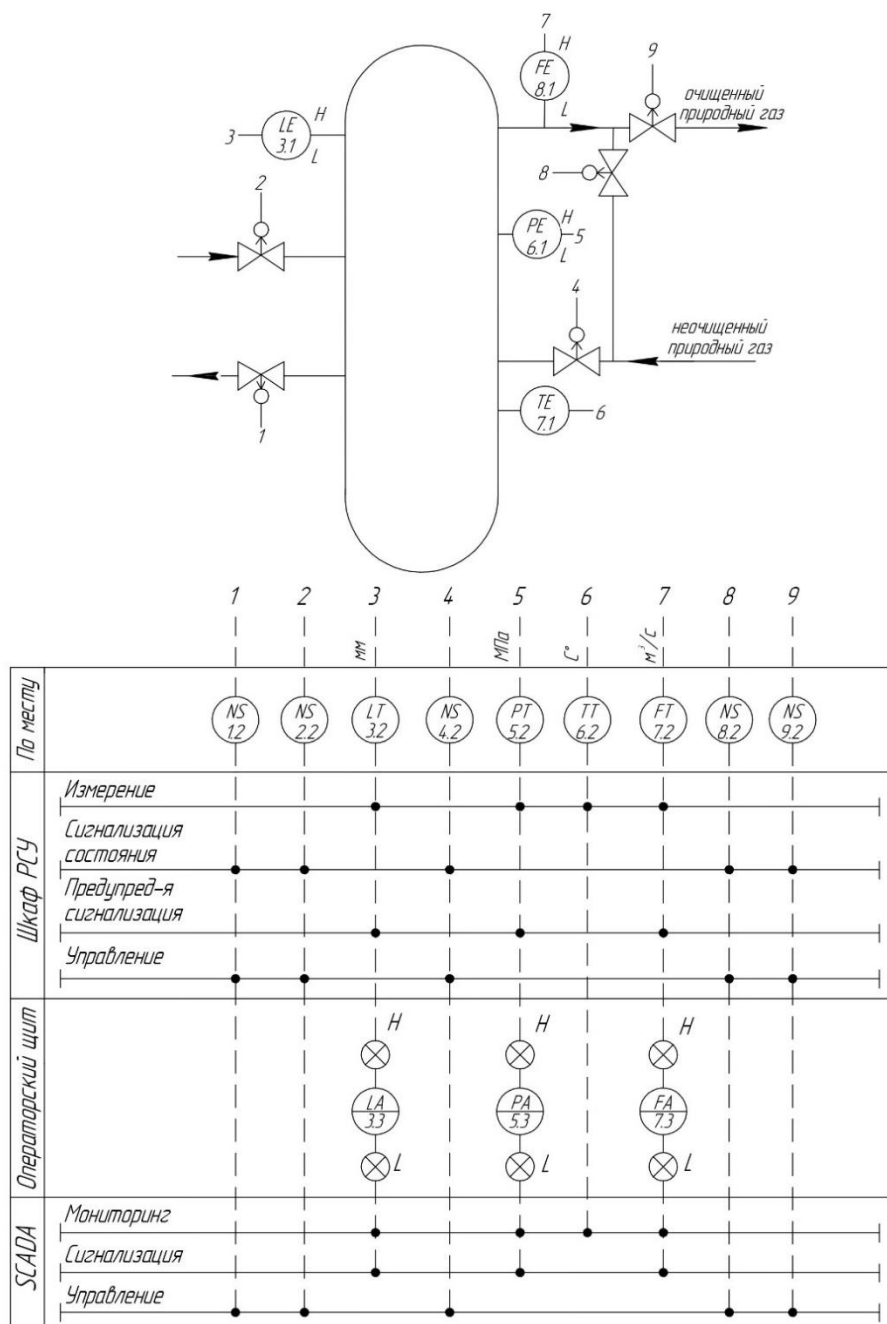


Рис. 2. Функциональная схема автоматизации масляного пылеуловителя

С целью проверки работоспособности системы было проведено её моделирование в математическом пакете прикладных программ. Для этого были определены передаточные функции основных элементов структурной схемы.

Поскольку в системе имеются два интегрирующих звена, регулирование осуществляется с использованием ПД-регулятора [2], передаточная функция которого определяется по формуле:

$$W_{\text{ПД}}(s) = K_p \cdot e(t) + K_d \cdot \frac{de}{dt}, \quad (1)$$

где K_p – пропорциональный коэффициент регулятора, K_d – дифференциальный коэффициент регулятора. В процессе моделирования коэффициенты регулятора $K_p = 10$ и $K_d = 1150$ были определены эмпирическим методом.

Передаточная функция частотного преобразователя, следующего за ПД-регулятором, описывается формулой:

$$W_{\text{ЧП}}(s) = \frac{K_{\text{ЧП}}}{T_{\text{ЧП}} \cdot s + 1}, \quad (2)$$

где $K_{\text{ЧП}}$ – коэффициент частотного преобразователя, $T_{\text{ЧП}}$ – постоянная времени частотного преобразователя, принятая равной 0,1 с. Коэффициент частотного преобразователя определяется как:

$$K_{\text{ЧП}} = \frac{\Delta f}{\Delta I} = \frac{50 - 0}{20 - 4} = \frac{50}{16} = 3,125 \frac{\text{Гц}}{\text{мА}}, \quad (3)$$

где Δf – диапазон частот в Гц, ΔI – диапазон для токового сигнала в мА.

Электропривод с редуктором имеют передаточную функцию вида:

$$W_{\text{ЭПР}}(s) = \frac{K_{\text{ЭПР}}}{T_{\text{ЭПР}} \cdot s + 1}, \quad (4)$$

где $K_{\text{ЭПР}}$ – коэффициент электропривода с редуктором, $T_{\text{ЭПР}}$ – постоянная времени электропривода с редуктором, принятая равной 0,25 с.

Коэффициент передаточной функции электропривода с редуктором определяется как:

$$K_{\text{ЭПР}} = \frac{\omega_{\text{ЭПР}}}{f} = \frac{19,635}{50} = 0,3927 \frac{\text{рад/с}}{\text{Гц}}, \quad (5)$$

где $\omega_{\text{ЭП}}$ – номинальная скорость вращения вала электропривода в рад/с, f – максимальное значение частоты питающего напряжения в Гц.

Регулирующий орган в виде клапана имеет вид:

$$W_{\text{кл}}(s) = \frac{K_{\text{кл}}}{s}, \quad (6)$$

где $K_{\text{кл}}$ – коэффициент передачи клапана, определяемый формулой:

$$K_{\text{кл}} = \frac{l_{\text{шс}}}{K_{\text{ЭПР}}}, \quad (7)$$

где $l_{\text{шс}}$ – ход штока за 1 секунду. Учитывая, что в соответствии с паспортными данными электропривода [3] за 50 секунд при номинальной скорости вращения вала электропривода 19,635 рад/с обеспечивается номинальный ход штока $l_{\text{ш}} = 40$ мм, за 1 секунду ход штока будет равным $l_{\text{шс}} = 0,8$ мм. Тогда коэффициент передачи клапана будет равен:

$$K_{\text{кл}} = \frac{l_{\text{шс}}}{K_{\text{ЭПР}}} = \frac{0,8}{0,3927} = 2,0371 \frac{\text{мм} \cdot \text{с} \cdot \text{Гц}}{\text{рад}} = 0,002 \frac{\text{м} \cdot \text{с} \cdot \text{Гц}}{\text{рад}}. \quad (8)$$

Частью регулирующего органа в модели также является ограничительное звено (Saturation), которое является ходом штока клапана и имеет диапазон [0; 0,04] мм.

Согласно структурной схеме, после клапана присутствует блок преобразования хода штока в выходной расход масла. Этот расход вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{вых}}(t) = S \cdot \sqrt{2g \cdot h(t)}, \quad (9)$$

где S – площадь сечения клапана, g – ускорение свободного падения, $h(t)$ – уровень масла в пылеуловителе.

Для того, чтобы перевести ход штока клапана $l_{\text{ш}}$ в площадь сечения клапана, вводится коэффициент $K_{\text{ПС}}$ равный:

$$K_{\text{ПС}} = \frac{S}{l_{\text{ш}}}. \quad (10)$$

При радиусе проходного сечения клапана 0,02 м (20 мм), площадь сечения клапана вычисляется по формуле:

$$S = r^2 \cdot \pi = 0,02^2 \cdot 3,14159 = 0,00125664 \text{ м}^2. \quad (11)$$

Тогда коэффициент пересчета $K_{\text{ПС}}$ будет равен:

$$K_{\text{ПС}} = \frac{S}{l_{\text{ш}}} = \frac{0,00125664}{0,04} = 0,0314159 \text{ м}. \quad (12)$$

В пылеуловителе присутствует приток и отток масла, из чего следует, что изменение объема среды в ёмкости пылеуловителя равно алгебраической сумме входящего и выходящего потоков, то есть:

$$\frac{d}{dt} V(t) = Q_{\text{вх}}(t) - Q_{\text{вых}}(t) - Q_{\text{вых}2}(t); \quad (13)$$

$$V(t) = \int (Q_{\text{вх}}(t) - Q_{\text{вых}}(t) - Q_{\text{вых}2}(t)) dt, \quad (14)$$

где $V(t)$ – объем масла в пылеуловителе (м^3), $Q_{\text{вх}}(t)$ – приток масла в пылеуловитель ($\text{м}^3/\text{с}$), $Q_{\text{вых}}(t)$ – отток отработанного масла из пылеуловителя ($\text{м}^3/\text{с}$), $Q_{\text{вых}2}(t)$ – отток масла вместе с газом. Предполагается, что приток масла в пылеуловитель будет равен $0,01 \text{ м}^3/\text{с}$, а отток масла вместе с газом будет равен 5% от притока ($0,0005 \text{ м}^3/\text{с}$).

Учитывая, что площадь сепаратора $S_{\text{П}}$ предполагается равной $4,52 \text{ м}^2$, для преобразования объема масла в уровень используется коэффициент пересчета $K_{\text{УМ}}$, определяемый согласно формуле:

$$K_{\text{УМ}} = \frac{1}{S_{\text{П}}} = \frac{1}{4,52 \text{ м}^2}. \quad (15)$$

В обратной связи математической модели присутствует блок датчика уровня, описываемый коэффициентом, равным единице.

Таким образом, была составлена математическая модель системы автоматического регулирования (САР), представленная на рисунке 3.

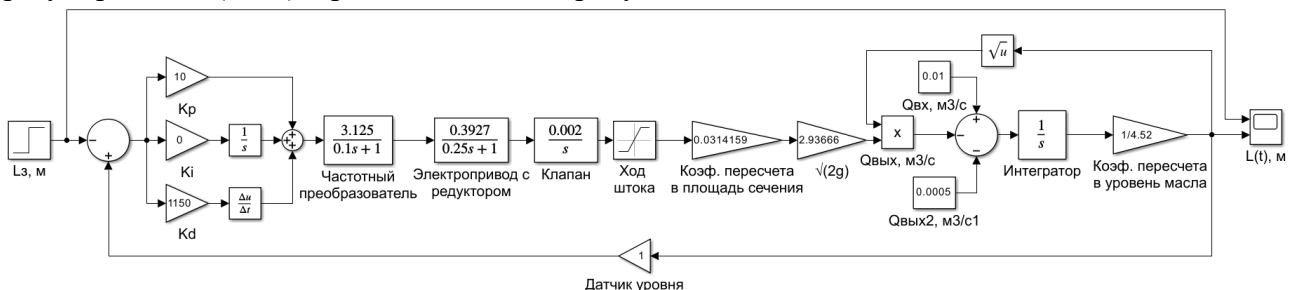


Рис. 3. Модель САР масляного пылеуловителя в математическом пакете прикладных программ

Задав уставку уровня масла в пылеуловителе и настроив ПД-регулятор по определенным ранее коэффициентам, была получена переходная характеристика уровня, представленная на рисунке 4.

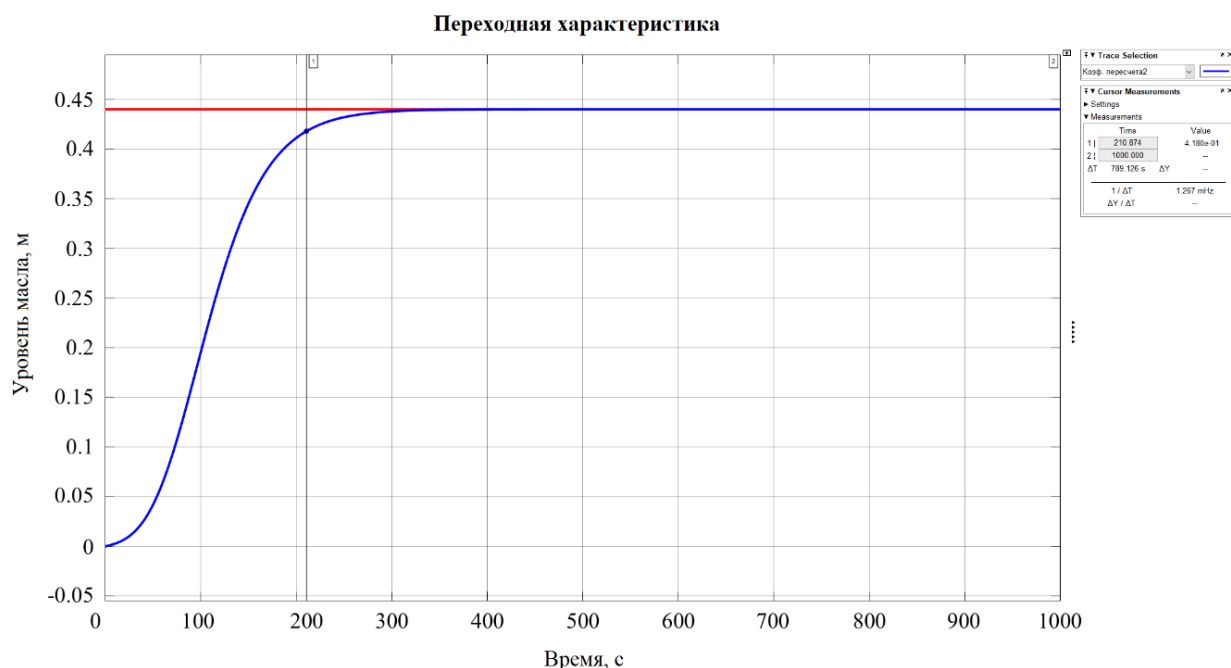


Рис. 4. Переходная характеристика уровня масла в пылеуловителе

Исходя из полученной переходной характеристики, при настроенном ПД-регуляторе отсутствует перерегулирование, при этом время регулирования равняется 210 секундам. Следовательно, можно сделать вывод о корректности работы системы.

Для предлагаемой системы автоматизации масляного пылеуловителя была разработана экранная форма, выполненная в среде Trace Mode и представленная на рисунке 5.

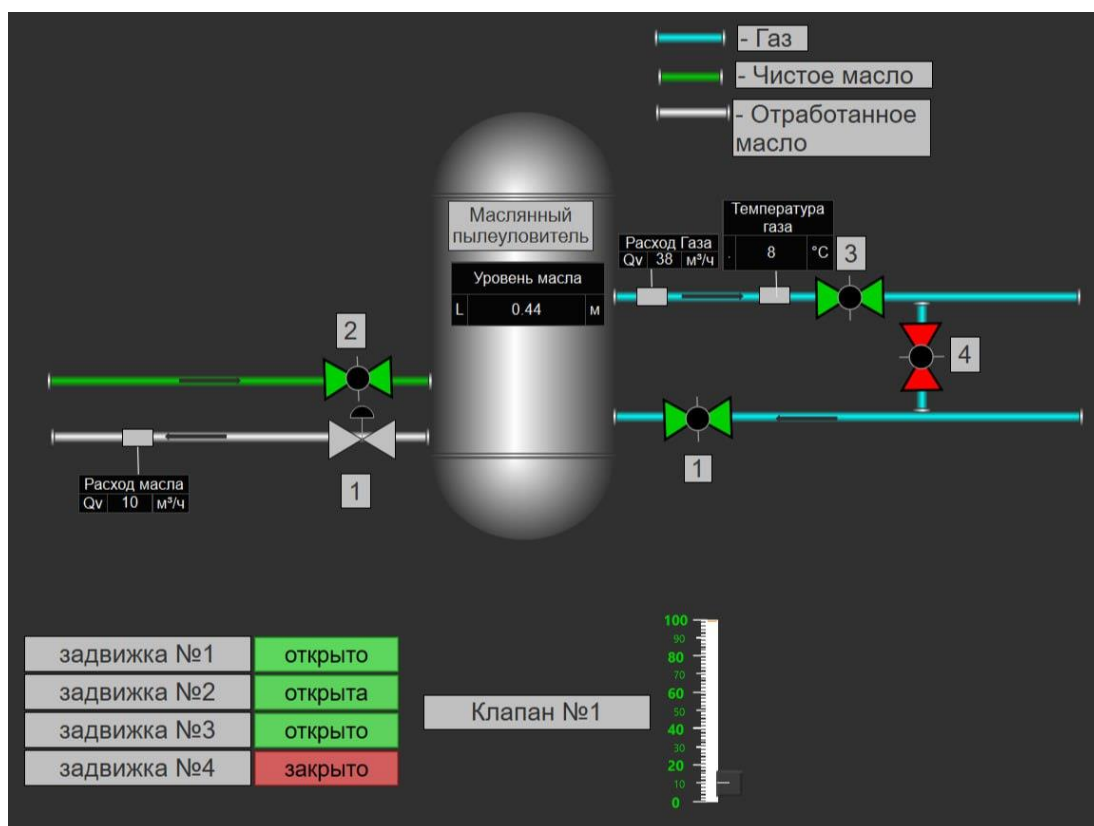


Рис. 5. Экранная форма SCADA-системы масляного пылеуловителя

Заключение

В результате выполнения работы был проведен обзор проблемы поддержания уровня масла в масляных пылеуловителях, исходя из чего поставлена цель, заключающаяся в усовершенствовании пылеуловителей с помощью введения системы автоматизации. Следуя поставленной цели, была проведена разработка одного из возможных вариантов системы автоматизации масляного пылеуловителя. Для разработанной системы была составлена математическая модель и проведен анализ её работоспособности в математическом пакете прикладных программ. Из полученных результатов анализа работоспособности модели сделан вывод о корректной работе САР.

Ценность выполненной работы заключается в решении проблемы, связанной с поддержанием уровня масла в пылеуловителе, с использованием средств автоматизации. Предложенный вариант усовершенствования масляных пылеуловителей может быть внедрен в энергетических предприятиях на территории России.

Список использованных источников

1. Системы очистки технологического газа на КС // Info KS. – 2024. [Электронный ресурс]. – URL: infoks.ru/produkty/tekhnicheskaya-ucheba-material/61-sistemy-ochistki-tekhnologicheskogo-gaza-na-ks (дата обращения 18.12.2024).
2. Комиссарчик В. Ф. Автоматическое регулирование технологических процессов: учебное пособие / В. Ф. Комиссарчик – Тверь : Изд-во ФГБОУ ВО «ТвГТУ», 2001. – 44 с.
3. Механизмы электрические прямоходные колонные МЭПК 6300. Руководство по эксплуатации // ООО «Поволжская электротехническая компания». – 2021. [Электронный ресурс]. – URL: piek.ru/media/Techop_mepk6300.pdf (дата обращения 18.12.2024).