

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРУЗИИ**

**С.А. Кижяев (ЗАО "СКК")**

Сформулированы задачи, которые необходимо решать при автоматизации процесса экструзии кабелей связи. Приводятся математические выражения, необходимые для построения структурных схем вычисления и регулирования диэлектрической проницаемости и коэффициента пористости изоляции. Описана реализация системы автоматического регулирования коэффициента пористости.

При автоматизации процесса экструзии приходится решать следующие задачи измерения и стабилизации:

- геометрических размеров проводов и кабелей [1, 2];
- характеристик процесса экструзии (мощности экструзии и нагрева полимера, скорости движения кабеля и др. [3]);
- параметров перерабатываемых полимеров при их экструзии.

Однако в настоящее время очень важным является измерение и управление электрическими характеристиками провода (кабеля) непосредственно в процессе его изготовления.

Основными характеристиками кабелей связи являются волновое сопротивление  $Z$  и коэффициент затухания  $\alpha$ , которые, в свою очередь, зависят от частоты передаваемого сигнала  $f$ , активного сопротивления токопроводящих жил  $R$ , индуктивности  $L$ , емкости  $C$  и проводимости  $G$  изоляции. Поэтому очень важно при изготовлении проводов высокочастотных кабелей управлять погонной емкостью.

Измерение погонной емкости кабеля (провода) основано на применении датчика (измерителя) погонной емкости. Этот датчик выполнен на базе преобразователя, где электрический контакт между электро-

дом в виде трубки и поверхностью изоляции, например, жилы, осуществляется через воду ванны, в которой устанавливается этот преобразователь. Управление погонной емкостью изолируемого на линии провода осуществляется в системе автоматического регулирования изменением следующих параметров [4]: температуры расплава полимера, токопроводящей жилы, охлаждающей среды; длины ванны охлаждения; диаметра изоляции в пределах допуска; диэлектрической проницаемости изоляции полимера.

Погонная емкость провода с комбинированной изоляцией определяется:

$$C = \epsilon_{\text{экв}} / 18 \ln(D/d), \quad (1)$$

где  $D$  – диаметр провода по изоляции,  $d$  – диаметр токоведущего проводника провода.

Рассмотрим, от каких параметров зависит эквивалентная диэлектрическая проницаемость  $\epsilon_{\text{экв}}$ , в особенности для пористой изоляции.

Для бумагомассной изоляции жил телефонного кабеля величина коэффициента пористости, приведенная в [5], не может быть применена в полном объеме для нашего случая.

Для выяснения параметров, влияющих на пористость, рассмотрим конструкцию сечения изоляции на рис.1.

На нем представлено сечение провода: а) с комбинированной реально распределенной пористостью, б) с пористостью, условно распределенной между токопроводящей жилой и диаметром  $D_1$ , в) без пористости.

Назовем коэффициентом пористости следующую величину:

$$k_{\text{пор}} = \frac{m_z}{m_n} = \frac{\frac{\pi}{4} (D_1 - D_T)^2 l \rho_z}{\frac{\pi}{4} (D - D_T)^2 l \rho_n} = \frac{(D_1 - D_T)^2 \rho_z}{(D - D_T)^2 \rho_n}, \quad (2)$$

где  $m_n$  – масса полимера на длине  $l$ ,  $d$  – диаметр провода по изоляции,  $D_T$  – диаметр токопроводящего проводника ( $D_T = d$ ),  $\rho_n$  – плотность полимера,  $m_z$  – масса газа в изоляции провода на длине  $l$ ,  $D_1$  – внешний диаметр кольца условной пористости,  $\rho_z$  – плотность газа.

При экструзии полимера и вводе газа с помощью компрессорной установки можно написать следующее равенство:

$$m_z = \frac{\pi (D_1 - D_T)^2 \rho_z l}{4} = Q \rho_z t, \quad (3)$$

где  $Q$  – объемный расход газа за время  $t$ ,  $l = vt$  – длина провода, проходящего через головку экструдера за время  $t$  со скоростью  $v$ .

Определив из (3) значение  $(D_1 - D_T)^2$ , подставив его в (2) и сделав преобразования, получим окончательное значение коэффициента пористости при вспенивании физическим методом полимерной изоляции провода в экструдере:

$$k_{\text{пор}} = k_0 \frac{Q}{v} \frac{\rho_z}{\rho_n (D - D_T)^2}, \quad (4)$$

где  $k_0 = 4/\pi$ .

Теперь рассмотрим связь эквивалентной диэлектрической про-

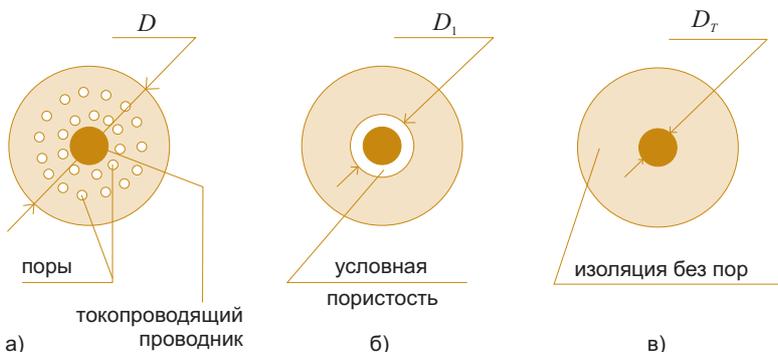


Рис. 1 Сечение изоляции провода.

нищаемости комбинированной изоляции  $\epsilon_{эксв}$  с коэффициентом пористости  $k_{пор}$ .

Воспользовавшись выражением для  $\epsilon_{эксв}$  из [4], подставим в него значения  $m_n$  и  $m_z$  из (2) и, сделав преобразования, получим:

$$\epsilon_{эксв} = \frac{m_n \epsilon_n - m_z \epsilon_z}{m_n + m_z} = \frac{(D - D_T)^2 \rho_n \epsilon_n - (D_1 - D_T)^2 \rho_z \epsilon_z}{(D - D_T)^2 \rho_n + (D_1 - D_T)^2 \rho_z}, \quad (5)$$

где  $\epsilon_n$  и  $\epsilon_z$  — диэлектрическая проницаемость полимера и газа соответственно.

Преобразуем (5), разделив на величину  $(D - D_T)^2 \rho_n$ , подставим значение  $(D_1 - D_T)^2$ , определенное из (3), и, учитывая известное выражение (4) для определения  $k_{пор}$ , получим:

$$\epsilon_{эксв} = \frac{\epsilon_n - k_{пор} \epsilon_z}{1 + k_{пор}}. \quad (6)$$

На основании зависимостей (4) и (6) можно построить структурную схему для вычисления и регулирования диэлектрической проницаемости и коэффициента пористости, схема которой приведена на рис. 2.

На рис. 3 представлена блок-схема системы автоматического регулирования пористости изоляции провода.

Рассмотрим влияние параметров ТП экструзии на коэффициент пористости на примере изготовления кабеля марки ТЗ-0,9 со следующими параметрами:  $D_T = 0,9$  мм,  $D = 1,9$  мм,  $Q = 2405$  мм<sup>3</sup>/с,  $\rho_n = 0,923$  г/см<sup>3</sup>,  $\rho_z = 1,25$  г/см<sup>3</sup>.

Характеристики зависимостей коэффициента пористости от скорости изолирования, расхода газа, диаметра изоляции и плотности материала приведены на рис. 4 при вариациях указанных параметров в пределах 10%. Из графика видно, что наиболее сильное влияние оказывает изменение диаметра изоляции, остальные параметры влияют приблизительно одинаково, но имеют при изменении расхода газа линейную зависимость, а при изменении скорости и плотности полимера — нелинейную зависимость.

*Основная ткань исследователя - это фантазия, в которую влетают нити рассуждения, измерения и вычисления.*

Сент-Дьердьи

На основании изложенного функциональная схема системы автоматического регулирования коэффициента пористости представлена на рис. 5. Здесь управление ведется через расход газа  $Q$ . Величины коэффициента пористости, расхода газа и числа оборотов насоса, а также вид работы (ручной, автоматический) устанавлива-

ются на экране промышленного компьютера, вычисления коэффициента пористости по предложенному алгоритму также осуществляются с помощью промышленного компьютера. Роль регуляторов расхода газа и коэффициента пористости осуществляет контроллер. Алгоритм измерения (4) реализован на базе автоматической системы

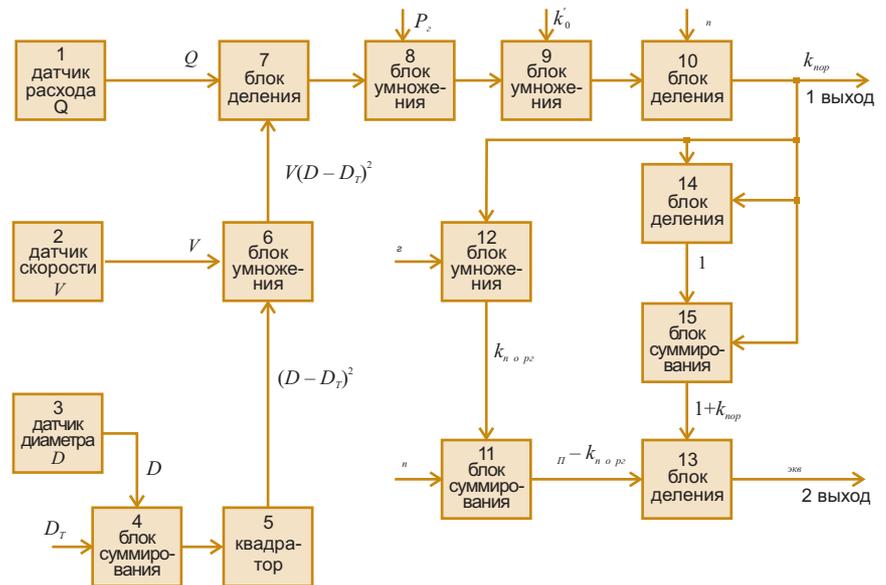


Рис.2. Структурная схема вычислителя коэффициента пористости и диэлектрической проницаемости, где  $k'_0 = k_0 k_p$ ,  $k_p$  — коэффициент регулирования в режиме автоматической стабилизации.

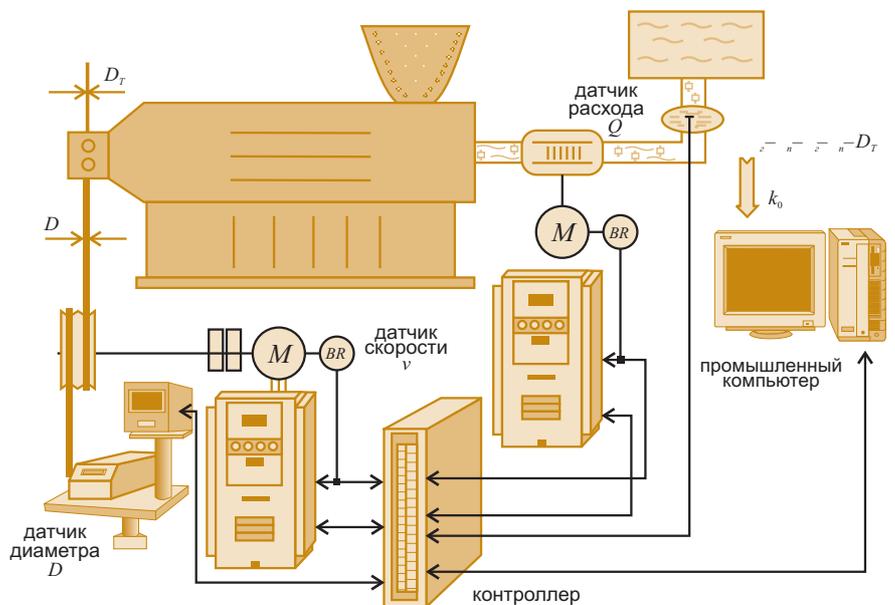


Рис.3. Блок-схема системы автоматического регулирования процесса пористости.

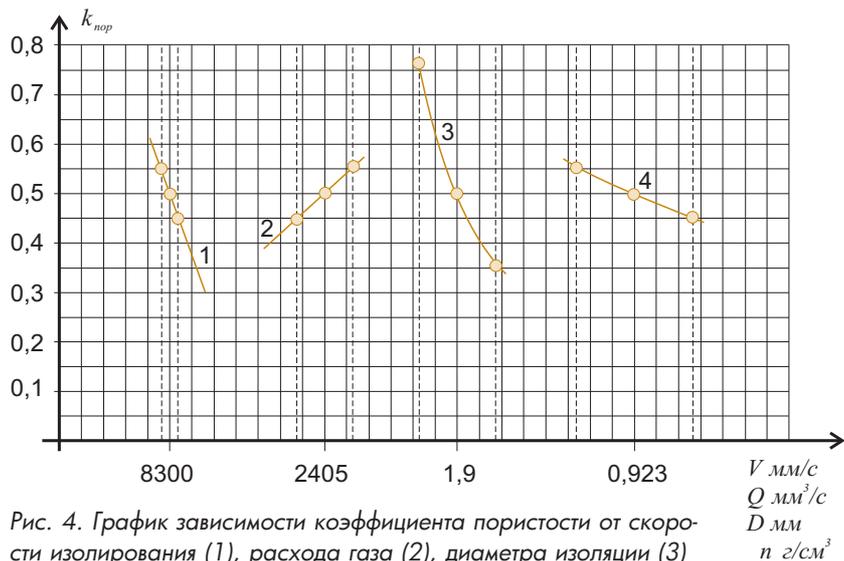


Рис. 4. График зависимости коэффициента пористости от скорости изолирования (1), расхода газа (2), диаметра изоляции (3) и плотности полимера (4)

контроллер АДАМ 5000 фирмы Advantech (Тайвань), три восьмиканальных модуля аналоговых сигналов АДАМ 5017 и шестнадцатиканальный модуль дискретного ввода АДАМ 5051, модуль АДАМ 4520 для преобразования гальванически изолированных сигналов интерфейса RS-232 в сигналы интерфейсов RS-422/485, промышленный компьютер типа PPC1207/S фирмы Advantech с жидкокристаллическим экраном на базе Pentium 233 MMX, CPU 32 Мб SDRAM 3,2 Гб. ПО выполнено на базе графической инструментальной системы TRACE MODE 5 для Windows NT с доработками сотрудников университета.

**Список литературы**

1. *Авт. св. SU N 1177801, G 05D 5/02.* Устройство для регулирования диаметра изоляции кабеля, бюл. № 33,1985.
2. *Патент RU № 2185673, H 01B 13/14, G 05D 5/03.* Система автоматического управления диаметром оболочки кабеля (провода) с оптимальной производительностью, бюл. № 20, 2002.
3. *Авт. Св. SU N 1735812, G 05D 5/03.* Самонастраивающаяся система стабилизации изолированного провода (кабеля), бюл. № 19,1992.
4. *Столбовой Л.Н., Кижяев С.А.* К вопросу выявления управляющих воздействий для стабилизации погонной емкости изолированной жилы // Межвузовский тематический сб. научн. тр. "Автоматическое управление непрерывными ТПП", г. Куйбышев, Авиационный институт, 1976.
5. *Кижяев С.А.* Комплексная автоматизация бумагомассного агрегата // Приборы и системы. Управление. Контроль. Диагностика. 2003. № 3.



Рис. 5. Функциональная схема системы автоматического регулирования коэффициента пористости

контроля параметров автоматической линии Нокиа, созданной совместно с сотрудниками Самарского государственного технического университета. Она выполнена пе-

реносной и содержит следующее оборудование на базе компактного устройства распределенного сбора данных и управления: два шасси, в каждом из которых установлен

*Кижяев Станислав Алексеевич – заслуженный изобретатель РФ, главный электроник ЗАО "Самарская кабельная компания".*

*Контактный телефон (8462) 282-455, факс (8462) 552-220.*

*E-mail: kijaeв@samaracable.ru*

**ВАСnet-контроллер для двухканальных воздухораспределителей VAV**

Пионер ВАСnet-систем автоматизации зданий Alerton Inc. (www.alerton.com) объявил о выпуске VLC VAV-DD, нового ВАСnet-совместимого полевого контроллера для двухканальных воздухораспределителей с переменным расходом воздуха (VAV). VLC VAV-DD внесен в список сертифицирующей организации BTL (Испытательные Лаборатории ВАСnet) в качестве СКП – специального контроллера приложения (ASC). Модернизация контроллера включает более быстрый и мощный процессор, улучшенный поиск неисправностей и более развитые возможности удаленного обновления. Модернизированный VAV-DD особенно поможет зданиям отрасли здравоохранения, поскольку он предоставляет точный контроль вентиляционного потока в места, где постоянно требуется свежий воздух. Как

часть линейки контроллеров 4-го поколения, VAV-DD объединяет разные технологии, которые в своем развитии образуют платформу для полевых ВАСnet-совместимых контроллеров Alerton. Встраиваемое ПО VAV-DD может быть модернизировано удаленно, практически устраняя необходимость обновления вручную на месте. Другие улучшения включают более мощный процессор, эффективный поиск неисправностей соединения и технические усовершенствования для того, чтобы упростить работу и получение помощи при удаленном мониторинге.

Контроллер VAV-DD в настоящее время доступен для заказа. Для получения технической информации и для заказа контактируйте с авторизованным дилером – компанией Науцилус.

*Контактный телефон (095) 939-58-72.*