

Р.Е. Васильев, заместитель генерального директора ЗАО
«Торговый Дом ВНИИКП»

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ В РЕЖИМЕ ON-LINE – НЕ РОСКОШЬ.

Как экономить материалы при производстве кабельной продукции



Аннотация. В статье приводится обоснование целесообразности применения измерительных систем для контроля толщины изоляции в режиме ON-LINE, описан практический опыт модернизации старых экструзионных линий и приведена методика расчета экономии материалов за счет использования таких систем.

Ключевые слова: экструзионная линия, контроль качества, диаметр изоляции, толщина изоляции, экономия материалов, измерительная система ON-LINE.

Abstract. The use of measurement systems for the on-line control of insulation thickness is described. It is shown that a substantial saving of insulating materials may be achieved due to the use of such systems on the old extrusion lines as well. The procedure of the on-line computation of material saving due to the optimization of insulation thickness is presented.

Key words: extrusion line, quality control, insulation diameter, insulation thickness, material saving, on-line measurement system.

Материал поступил в редакцию 20.03.2015
E-mail: rvasiliyev@tdvniikp.ru

В статье речь пойдет о методах контроля качества продукции на кабельных предприятиях и о том, как при помощи современных устройств можно сэкономить реальные денежные средства. Не секрет, что оборудование в кабельной отрасли имеет сравнительно большой срок эксплуатации, и зачастую на заводах используется обширный экструзионный парк пенсионного возраста, не оснащенный измерительной техникой для контроля качества продукции. Одной из основных причин отказа от модернизации и дооснащении линий современными средствами контроля являются примерно такие аргументы: «...Зачем вкладывать средства в «старую» линию, если лучше она от этого работать не станет, да и вообще – точность на «репарационном» оборудовании не велика, зачем ловить «сотки», «штангелем измерим». Это снимает с повестки дня вопрос о модернизации линии, но, к сожалению, экономическая сторона данной вроде бы технической проблемы остается без внимания.

Основными материалами конструкции кабеля являются металл (медь, алюминий и др.) и изоляционные композиции. Конечно же, в цене изделия металлы играют основную роль, но и изоляционные материалы вносят свой вклад, поэтому расход их, а точнее контроль их расхода, существенно влияет на себестоимость изделия.

В качестве примера рассмотрим, какая экономия денежных средств была получена за счет внедрения измерительной системы ON-LINE на старой экструзионной линии ME-90 при изолировании круглых и секторных жил силовых кабелей

на напряжение до 1 кВ. Данный эксперимент был проведен на ЗАО «Людиновкакабель» в 2005 г. Первоначально линия не была оснащена средствами измерения диаметра изоляции, и для гарантии соблюдения геометрических размеров изделия операторы и технологи выпускали продукт на верхней границе допуска, что неизбежно влекло за собой перерасход материала относительно расчетных номинальных значений. Следует отметить, что на каждом кабельном заводе существует показатель перерасхода изоляционного материала относительно конструкторских данных, и колеблется он в пределах от 3 до 14 %. Конечно же, заводчане борются за снижение этого коэффициента и говорить о его фактическом значении не любят, но в ряде случаев он становится решающим для определения пороговой цены продажи изделия.

Итак, на линию ME-90, введенную в эксплуатацию более 35 лет назад, было установлено 3 двухосевые лазерные измерительные головки с качающимся столом (Zumbach ODAC 34XY+DVV1) и системой регулировки угла поворота в пределах ± 25 градусов (рис. 1).

Первая измерительная головка установлена на неизолированную жилу – до входа в экструдер, вторая – непосредственно после экструзионной головки («на горячую») и последняя – в конце линии после всех ванн охлаждения («на холодную»). Все три измерительные головки подключены к главному компьютеру (Zumbach USYS 8000), к которому также подведены сигналы с линии – «пуск», «стоп»,

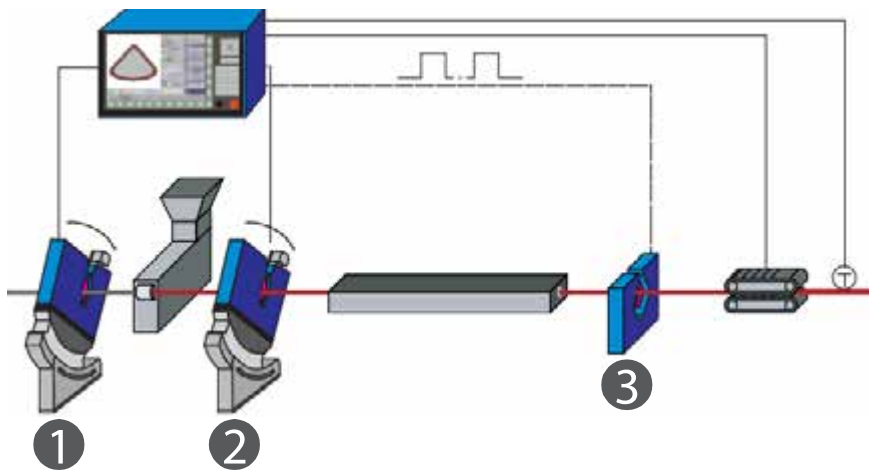


Рис. 1. Расположение измерительных головок (1, 2, 3) на экструзионной линии

скорость и обратная связь для корректировки скорости тягового устройства. Установленная система позволяет получать данные о диаметре неизолированной жилы по двум осям или о размерах исходного сектора по высоте и ширине, а также данные о диаметре изолированной жилы по двум осям или о высоте и ширине изолированного сектора (рис. 2). Непосредственное измерение толщины изоляции изолированной жилы, особенно жилы секторной формы, является сложной технической задачей, поэтому ее значение определяется путем расчета как непосредственно после экструзионной головки, так и после остывания изоляции, то есть после полной усадки полимерного материала. Информация о толщине изоляции так же, как и о диаметре жилы, в реальном времени выводится на дисплей системы.

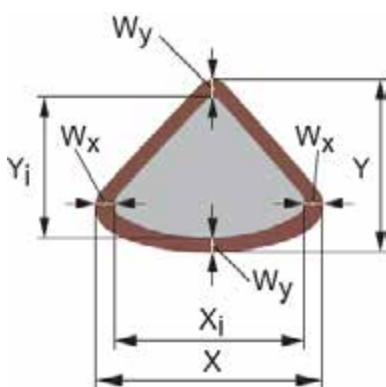


Рис. 2. Контролируемые размеры секторной жилы:
 X, X_i – ширина сектора;
 Y, Y_i – высота сектора;
 W_x, W_y – толщина изоляции.

и позволяют довести время реакции системы на изменение диаметра до минимума. При такой конфигурации система обратной связи линии и процессора измерительной системы незамедлительно реагирует даже на небольшие изменения и оперативно вносит коррективы в параметры технологического процесса. На рис. 3 показана двухосевая лазерная измерительная головка с системой «качания» для измерения размеров изолированного сектора.

После того, как система была введена в действие, стало ясно, что в технологических картах на все выпускаемые изделия заложены режимы работы линии, обеспечивающие выпуск

продукта с заведомо завышенной толщиной изоляции. Например, на жиле сечением 150 мм^2 при номинальной толщине изоляции в $1,80 \text{ мм}$ выпускался продукт с изоляцией толщиной $1,95\text{--}2,10 \text{ мм}$, что соответствует допускам, предусмотренным техническими условиями на кабель, но является явно избыточным. Превышение толщины изоляции на $0,15 \text{ мм}$ влечет за собой перерасход материала плотностью 1 г/см^3 приблизительно на $8,1 \text{ кг}$ ($9,2 \%$). При использовании наполненных материалов (например, безгалогенных компаундов) с плотностью выше $1,6 \text{ г/см}^3$ перерасход будет превышать 13 кг/км .

На предприятии перерабатываются сотни тонн изоляционных материалов, поэтому перерасход в несколько килограммов кажется незначительным, но результаты проведенного эксперимента говорят о другом. В таблице показан общий объем переработки ПВХ-пластиков на линии, которая была подвергнута модернизации, и уменьшение коэффициента перерасхода материала за счет внедрения системы ON-LINE.

Суммарный объем материала, переработанного на модернизируемой линии за 11 месяцев, составил $687\,541 \text{ кг}$, что в современных ценах составляет около 49 млн рублей. Такая сумма уже существенна для любого предприятия, и с ней приходится считаться.

Указанные цифры расхода получены после внедрения системы контроля качества; при этом в течение первых месяцев наблюдался постоянный возврат материала из цеха. Причина этого заключалась в том, что материал выдавался со склада с учетом прежнего коэффициента перерасхода, принятого на предприятии, но система измерения в ON-LINE режиме позволила снизить расход материала, сохраняя качество выпускаемого продукта на приемлемом уровне. В итоге по результатам года на основании анализа постоянного возврата материала на склад коэффициент перерасхода для данной линии был снижен на 35% , что составляет $3,5 \%$ от общего объема переработанного материала. Это означает, что за 11 месяцев только на одной линии удалось сэкономить $24\,751 \text{ кг}$ материала, что составляет в современных ценах $1,78 \text{ млн}$ рублей. Сопоставив данный показатель



Рис. 3. Двухосевая лазерная измерительная головка с системой «качания» для измерения изолированного сектора

Объем переработки ПВХ-пластиката на модернизируемой экструзионной линии

Материал	Расход по месяцам, кг										
	Октябрь 2005 г.	Ноябрь 2005 г.	Декабрь 2005 г.	Январь 2006 г.	Февраль 2006 г.	Март 2006 г.	Апрель 2006 г.	Май 2006 г.	Июнь 2006 г.	Июль 2006 г.	Август 2006 г.
ПВХ-пластикат марки ППИ 30-30	1927	3746	12869	5221	93	13275	12694	12590	11416	7311	1854
ПВХ-пластикат марки И40-13А	53688	71008	61318	32240	46384	37321	49577	71291	44504	52790	84424
Итого	55615	74754	74187	37461	46477	50596	62271	83881	55920	60101	86278
Корректировка коэффициента перерасхода*, %	0	0	10	10	15	30	35	35	35	35	35

* Корректировка коэффициента перерасхода производилась на основании данных о возврате материала из цеха на склад.

со стоимостью модернизации экструзионной линии (около 50 тыс. ЕВРО), можно констатировать, что даже при нынешнем курсе иностранных валют срок окупаемости составит не более двух лет (в 2005–2006 гг. он не превышал 1,2 года).

Приведенные цифры являются частным, но характерным примером расчета и обоснования необходимости внедрения автоматизированного контроля качества при производстве кабельных изделий.

Для оперативной оценки экономии материала при изолировании круглой токопроводящей жилы можно построить наглядную диаграмму, отображающую размер экономии в зависимости достигнутого снижения толщины изоляции, диаметра выпускаемого изделия, материала изоляции и объема выпуска (рис. 4).

При построении диаграммы предполагалось, что до внедрения системы ON-LINE диаметр изолированной жилы превышал номинальное значение D_n в среднем на величину $2\Delta_{из}$. После внедрения системы диаметр по изоляции стал равен D_n , а толщина стенки уменьшилась на величину $\Delta_{из}$.

Путем несложных вычислений можно получить зависимость уменьшения площади поперечного сечения изоляции Δ_s от $\Delta_{из}$ и D_n в виде:

$$\Delta_s = \pi \Delta_{из} (D_n + \Delta_{из}). \tag{1}$$

В связи с тем, что $\Delta_{из} \ll D_n$, можно принять:

$$\Delta_s \approx \pi \Delta_{из} D_n. \tag{2}$$

В реальных условиях погрешность от такого допущения не превышает 3–5 %.

При построении диаграммы кроме обозначений, использованных в формулах (1) и (2), приняты следующие обозначения:

- Δ_v – объем сэкономленного за год материала;
- Δ_m – масса сэкономленного за год материала;
- L – годовой объем выпуска продукции;
- ρ – плотность материала.

Диаграмма строится в прямоугольной системе координат. В I квадранте строятся графики функции (2) для нескольких фиксированных значений D_n ; во II квадранте – графики функции $\Delta_v = \Delta_s L$ для нескольких фиксированных значений L , в III квадранте – графики функции $\Delta_m = \rho \Delta_v$ для нескольких фиксированных значений ρ .

Зная запас по толщине изоляции, заложенный в технологической документации, с помощью диаграммы можно оперативно, не производя громоздких расчетов, оценить размер экономии за счет приобретения системы ON-LINE и экономический эффект от ее использования.

В качестве примера на рис. 4 показано, как оценить экономию материала при изготовлении 400 км изолиро-

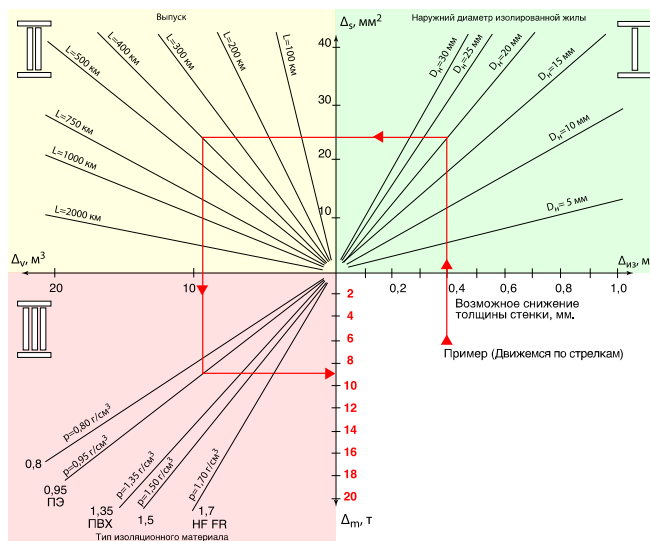


Рис. 4. Диаграмма для расчета экономии материалов за счет уменьшения толщины изоляции

ванной полиэтиленом жилы с диаметром по изоляции 20 мм, за счет уменьшения толщины изоляции на 0,4 мм. Двигаясь по красным стрелкам, мы приходим к величине экономии полиэтилена более, чем 9 т, что соответствует примерно 1 млн руб. Надо заметить, что если использовать безгалогенный изоляционный материал, наполненный гидроксидом алюминия, то экономия составит около 20 т. Стоимость безгалогенных материалов как минимум в 2 раза выше, чем у кабельного полиэтилена. Исходя из этого, при использовании композиции HF FR экономия составила бы более 3 млн рублей, что более чем достаточно для окупаемости дооснащения линии измерительным оборудованием.

На сегодняшний момент более 50 % экструзионного оборудования, выпущенного до 1995 г., не имеет исправной измерительной системы, или же технологические службы ей не пользуются. При этом остро стоит вопрос подготовки персонала, так как современные измерительные системы требуют высокой квалификации для настройки и управления. И только лишь прогрессивные предприятия, использующие современные методы измерения, получают неоспоримое преимущество на рынке кабельных изделий, что позволяет им чувствовать себя более уверенно в период кризиса.

Автор благодарит за помощь в подготовке материала статьи специалистов завода ЗАО «Людиновкабель» (г. Людиново) и фирмы Zumbach Electronics (г. Орпунд, Швейцария).