

# Преимущества применения скользящей добавки с повышенной стабильностью для нестабилизированного ПЭНП

В течение многих лет для уменьшения кинетического коэффициента трения пленок и других видов продукции (в том числе упаковочного назначения) из нестабилизированного, не содержащего антиоксидантов полиэтилена низкой плотности (ПЭНП) использовались традиционные скользящие добавки, в частности эрукамид или олеамид. На основании многолетних работ с потребителями и анализа проблем в этой области компания Croda сделала вывод о том, что существует потребность в более стабильной скользящей добавке, которая бы не снижала своей эффективности с течением времени. В этих целях было проведено сравнительное исследование влияния концентрации и времени нахождения в составе нестабилизированного ПЭНП двух скользящих добавок – марки Incroslip SL (производитель – Croda) и эрукамида. Результаты исследования показали, что концентрация добавки Incroslip SL практически не снижается с течением времени благодаря ее более высокой стабильности, поэтому можно выбирать более низкую ее дозировку для поддержания постоянного кинетического коэффициента трения и одновременно продлить срок хранения полимерного компаунда.

Скользящие добавки часто добавляют к полиолефинам на низких уровнях ввода, чтобы повысить эффективность производства, конвертинга, конечного использования продукции и ее качество. Стандартные скользящие добавки, включая эрукамид и олеамид, дают высокую эффективность скольжения в ПЭНП в целях различного применения. Однако это справедливо лишь в том случае, если речь идет о стабилизированном ПЭНП, содержащем антиоксиданты.

## Проблемы применения стандартных скользящих добавок

Многие виды ПЭНП могут быть произведены и переработаны без использования антиоксиданта. Стандартные скользящие добавки, такие как эрукамид или олеамид, являются ненасыщенными соединениями, содержащими двойные связи, которые подвержены окислению, что вызывает проблемы в этом типе системы в связи с разрушением добавки.

Без присутствия антиоксиданта в полимере добавки ненасыщенной химической структуры склонны к окислительному разрушению, что может привести к снижению

эффективности скольжения, проблемам с переработкой и конечным использованием продукции, например, к увеличению крутящего момента при закручивании или откручивании крышек и колпачков, снижению эффекта скольжения в пленочных изделиях и ухудшению их органолептических свойств.

## 1. Объекты и методики исследований

Объектами исследования в работе служили гранулированные композиции нестабилизированного ПЭНП с базовым содержанием в количестве 500 ppm двух скользящих добавок – стандартного эрукамида и добавки Incroslip SL с высоким эффектом скольжения, сравнимым с эрукамидом, но более стабильной благодаря насыщенной химической структуре.

Для сравнительной оценки эффективности действия добавок использовали следующие два показателя:

1) остаточная концентрация добавок в составе ПЭНП в процессе хранения при 50 °С;

2) кинетический коэффициент трения при воздействии естественного света (для оценки срока годности).

При проведении эксперимента по 30 г каждой композиции поме-

щали в чашку Петри и хранили при 50 °С в течение 28 сут на открытом воздухе. Этот ускоренный метод был разработан для моделирования условий хранения на складе с контролируемым температурным режимом. Один месяц экспозиции при 50 °С равнозначен приблизительно 8 мес хранения при 20 °С, что предполагает удвоение скорости окисления при каждом повышении температуры на 10 °С.

Остаточное содержание добавок определяли через 0, 7, 14 и 28 сут экспозиции с применением методов экстракции и газовой хроматографии.

## 2. Результаты исследований и их обсуждение

### 2.1. Повышение стабильности действия добавки

Анализ гранул полимеров после 0, 7, 14 и 28 сут выдержки при 50 °С показал, что содержание эрукамида в них быстро снижается и теряет примерно 29 % от исходного количества через 7 сут, тогда как количество Incroslip SL уменьшается намного медленнее и все еще остается на уровне 92 % через 28 сут (рис. 1). Очевидной причиной этого является то, что эрукамид в составе ПЭНП легко разрушается на воздухе при воздействии тепла, в то время как

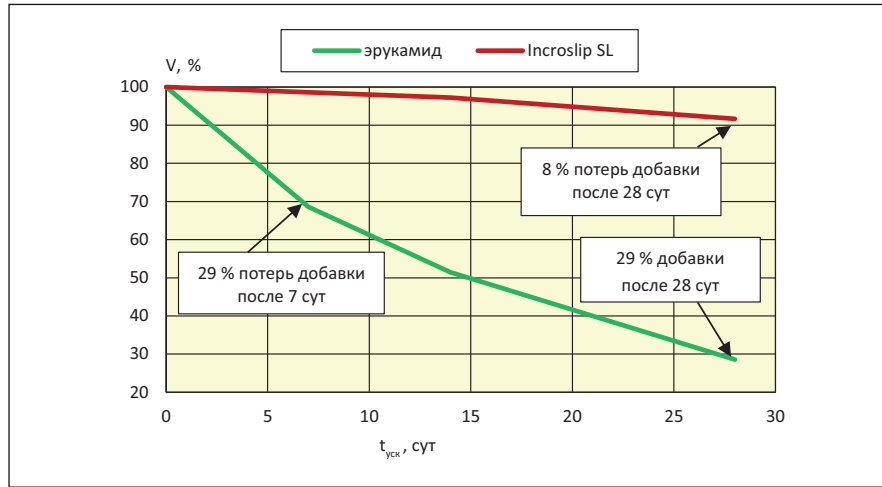


Рис. 1. Влияние времени  $t_{\text{уск}}$  ускоренного старения при 50 °С на воздухе на содержание  $V$  скользящих добавок в нестабилизированном ПЭНП

гораздо более стабильная молекулярная структура Incroslip SL приводит к меньшему разрушению при тех же условиях.

## 2.2. Увеличение срока хранения полимера

Разница в концентрации добавок со временем оказывает прямое влияние на характеристики скольжения полимера. Об этом свиде-

тельствуют результаты воздействия естественного ультрафиолетового излучения при комнатной температуре в течение 14 нед на выдвнутую пленку из ПЭНП толщиной 35 мкм, содержащую 750 ppm эрукаида или Incroslip SL. Из рис. 2 видно, что пленка, содержащая эрукаид, быстро теряет эффективность скольжения с течением времени, о чем говорит увеличение

кинетического коэффициента трения  $k_{\text{тр}}$ , тогда как пленка, содержащая Incroslip SL, сохраняет высокую эффективность скольжения (низкое значение  $k_{\text{тр}}$ ) за тот же период времени.

Эта потеря эффективности скольжения может быть связана с уменьшением концентрации эрукаида, вступающего в реакцию с кислородом (см. рис. 1). Напротив, Incroslip SL из-за меньшего распада практически сохраняет исходную концентрацию и, следовательно, эффективность скольжения. Это означает, что продукция из ПЭНП, содержащего Incroslip SL, имеет более длительный срок хранения, что является существенным преимуществом с точки зрения добавленной стоимости из-за сокращения отходов и экономии затрат.

## 2.3. Уменьшение количества добавки

Данные, представленные на рис. 3, характеризуют эффективность действия традиционной скользящей добавки при ее различ-

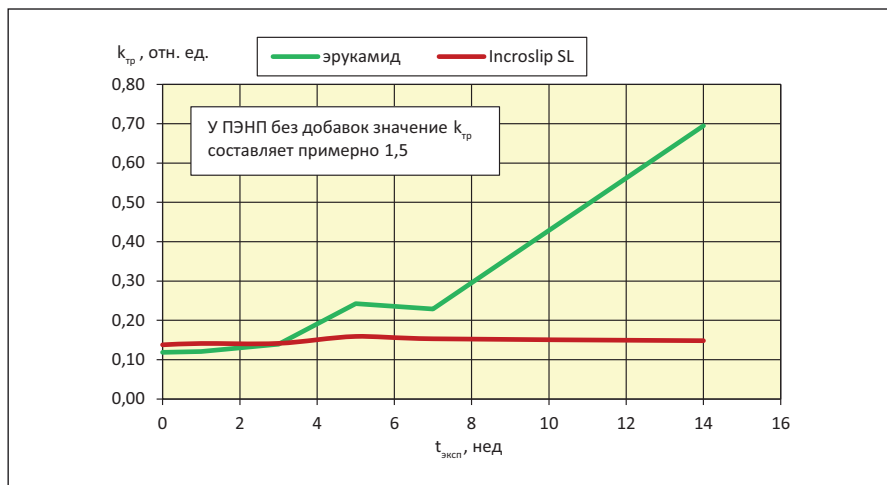


Рис. 2. Влияние времени экспозиции  $t_{эксп}$  при комнатной температуре на кинетический коэффициент трения  $k_{тр}$  нестабилизированной пленки из ПЭНП, содержащего 750 ppm эрукамида или Incroslip SL

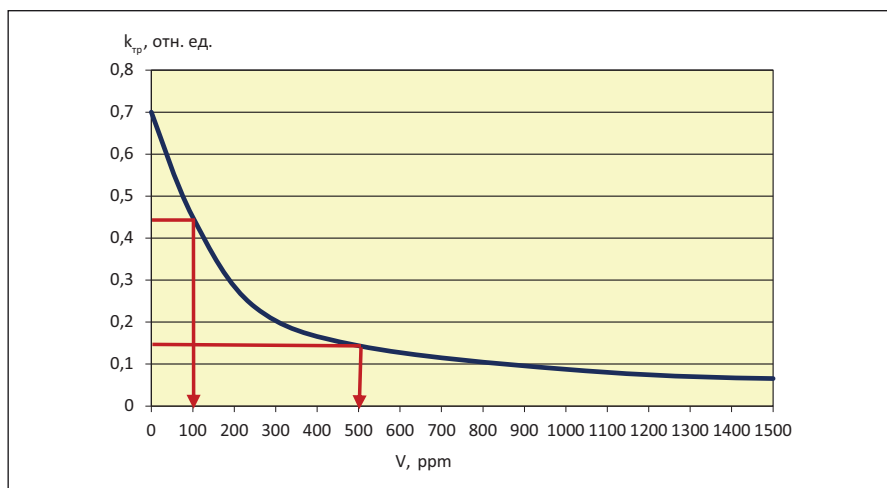


Рис. 3. Влияние концентрации  $V$  традиционной добавки в составе пленки из ПЭНП на ее кинетический коэффициент трения  $k_{тр}$  после 14 сут хранения

ных концентрациях в пленке ПЭНП после 14 сут хранения. Например, при содержании добавки, равном 500 ppm, значение  $k_{тр}$  составляет менее 0,2, а при уменьшении содержания до 100 ppm повышается примерно до 0,4–0,5.

Анализируя эти данные совместно с результатами, приведенными на рис. 1, можно предположить, что эффективность скольжения ПЭНП, содержащего эрукаמיד, снижается (повышается  $k_{тр}$ ), поскольку уменьшается концентрация этой традиционной добавки вследствие ее разрушения.

Это может быть компенсировано избыточным дозированием эрукамида для обеспечения желаемого уровня скольжения даже после того, как некоторое количество добавки разрушится. Если же применять Incroslip SL, то можно исполь-

зовать меньшее количество добавки, так как ее разложение и потеря эффективности действия значительно меньше.

### Заключение

Результаты проведенных исследований доказали, что Incroslip SL является оптимальной скользящей добавкой для использования в чистом ПЭНП без применения антиоксиданта. Она демонстрирует стабильную эффективность скольжения пленок из нестабилизированного ПЭНП с течением времени без потери концентрации добавки в течение 28 сут экспозиции при 50 °С. Это объясняется ее улучшенной стабильностью по сравнению со стандартным эрукаמידом. Incroslip SL не распадается и присутствует в полимере на уровне 92 % от исхо-

дного количества, тогда как содержание эрукамида уменьшается до 29 % за то же время (разница – 63 %) (см. рис. 1). Это означает, что на Incroslip SL практически не влияет воздействие ультрафиолетового излучения или тепла в отличие от эрукамида.

Результатом является продукт, который сохраняет постоянную высокую эффективность скольжения с течением времени, и нет необходимости чрезмерной дозировки скользящей добавки для длительного срока действия.

Таким образом, можно сформулировать два следующих основных преимущества использования скользящей добавки Incroslip SL в составе нестабилизированного ПЭНП.

1. Высокая стабильность, которая означает, что добавка разлагается гораздо медленнее традиционных, что потенциально увеличивает сроки хранения полимера и снижает количество отходов и уровень производственных затрат.

2. Нет необходимости использовать большое количество скользящей добавки, чтобы обеспечить долговременную эффективность ее действия. Поэтому существует возможность уменьшить общее количество используемой скользящей добавки и, опять же, сократить затраты.

*Статья подготовлена техническими специалистами компании Croda Europe Ltd*

### Study into the Benefits of Using Stable Slip Additive to Extend the Shelf Life of Antioxidant Free LDPE

*Traditional slip additives have been used for many years to reduce the CoF in unstabilised LDPE (without antioxidant). Through many years of working with customers in this area, Croda determined there was a need for a more stable slip additive that did not reduce in performance over time. This study was commissioned to compare Incroslip SL to erucamide in unstabilised LDPE in terms of concentration over time, and to use this information to help explain what we already knew about short and long term CoF performance and dose rates vs performance. The study determined that Incroslip SL concentration shows almost no reduction over time due to its superior stability, therefore it can be dosed at lower levels to maintain a constant CoF and can extend the shelf life of the polymer compound. ■*