

УДК 664.951.001.5:664.951.022.64

## ПРИМЕНЕНИЕ СКОРОСТНОЙ КИНОСЪЕМКИ В ИССЛЕДОВАНИИ ДЕФОРМАЦИИ РЫБЫ В ПРОЦЕССЕ РЕЗАНИЯ

В. Г. Проселков  
ЦНИИТЭИРХ

Основной операцией, выполняемой рыборазделочными машинами, является резание. Как и всякий другой технологический процесс, связанный с механическим воздействием рабочих органов на обрабатываемый продукт, резание рыбного сырья представляет собой единство внешних воздействий и внутренних превращений. Если учесть, что мышечная ткань рыбы имеет предел прочности при срезе более высокий, чем предел упругости при сжатии, то результаты исследований деформационного поведения только при осевом сжатии не могут полностью охарактеризовать деформируемость сырья при непосредственном воздействии на него режущих органов машины.

С этой целью проведено исследование по определению деформации мяса рыбы непосредственно в процессе резания. Эксперименты проводили на ленточных пилах, применяемых в линиях производства рыбных палочек. Для фиксирования величины деформации применен метод с использованием скоростной киносъемки. Выбор этого метода обусловлен возможностью регистрации изображений с чрезвычайно короткими выдержками, обеспечивающими осуществление съемки отдельных фаз быстротечных процессов, к которым относится и резание рыбного сырья. В числе других преимуществ данного метода следует отметить возможность изменения масштаба времени, выражаемого отношением частоты съемки к частоте проекции.

В нашем случае была использована возможность обратного изменения масштаба времени, т. е. замедленного представления на экране быстрых, кратковременно протекающих процессов, не воспринимаемых человеческим глазом. При этом киносъемка проводилась с повышенной, а проекция — с нормальной частотой. Указанный метод позволяет получать не только общую картину процесса в замедленном, доступном для восприятия виде (на экране), но и его количественные характеристики (на пленке).

Съемку осуществляли скоростной кинокамерой СКС-1, позволяющей получать прерывистую покадровую регистрацию, в результате которой на пленке образуется серия последовательных кадров. В качестве светочувствительного материала применяли пленку шириной 16 мм.

Для регистрации частоты съемки использовали запись вспышек неоновой лампы с известной частотой. Освещение объекта съемки осуществляли ламповым прожектором мощностью 0,5 кВт.

Предварительными опытами, исходя из продолжительности процесса резания и дальнейшего кинопросмотра с частотой 24 кадра в 1 с,

выбрана в качестве оптимальной частота съемки в среднем 2000 кадров в 1 с.

Эксперименты проводились на дефростированном ( $10 \div 15^\circ \text{C}$ ) и мороженом ( $\text{минус } 4 \div 6^\circ \text{C}$ ) мясе трески и морского окуня.

Для получения картины деформирования волокон мяса и возможности количественной оценки величины деформации как в момент перерезания образца, так и в процессе резания на его поверхность наносили квадратную контурную решетку черного цвета со стороны квадрата 2 мм. С этой целью на вырезанный образец с температурой  $\text{минус } 2 \div 3^\circ \text{C}$  кисточкой наносили тонкий слой бесцветного лака. После подсушки лака при этой же температуре штампом наносили контрастную решетку из черной туши. Такая подготовка образцов исключала возможность расплывания решетки, что необходимо для качественной киносъемки. Размер образцов мышечной ткани трески и морского окуня составлял  $15 \times 25 \times 50$  мм, скорость подачи на нож изменялась от 0,013 до 0,087 м/с, а скорость резания от 1 до 50 м/с. Резание производили ленточными ножами толщиной 0,5 мм с гладкой и зубчатой кромками лезвия.

Обработка данных киносъемки заключалась в кинопросмотре и дальнейшей покадровой расшифровке. Этим достигалась оценка снятого процесса в качественном и количественном отношении.

Для просмотра использовали кинопроектор ПП-16-4, входящий в комплект кинопередвижки «Украина-4». Наиболее характерные для изучения отдельных фаз процесса кадры рассматривали в статическом состоянии.

Для анализа процесса во времени определяли характеристики отдельных его фаз для каждого опыта (частота съемки, период смены кадров, продолжительность фазы или процесса, погрешность временного анализа). Затем составляли динамическую характеристику процесса.

Величину относительной деформации  $\epsilon$  определяли отношением абсолютной деформации к ширине образца в направлении скорости подачи.

Установлено, что величина деформации образца перед разрезанием зависит от скорости подачи и в меньшей степени от скорости резания.

Данные по изменению  $\epsilon$  дефростированных трески и морского окуня при резании поперек волокон пилой с гладким лезвием со скоростью 26 м/с представлены в таблице.

Вид рыбы	Величина относительной деформации $\epsilon$ (в %) при скорости подачи, м/с				
	0,013	0,028	0,047	0,063	0,087
Треска	3,9	7,2	13,8	19,6	24,5
Морской окунь	3,6	6,7	12,4	17,7	21,9

Из таблицы видно, что  $\epsilon$  перед разрезанием увеличивается с возрастанием скорости подачи, причем более заметно для трески.

Опыты показали, что с увеличением скорости резания при постоянной скорости подачи  $\epsilon$  перед разрезанием образца уменьшается. Объясняется это тем, что с увеличением скорости резания мышечная ткань под кромкой лезвия не успевает передать давление режущего органа на всю ширину образца, а только на ближайшие слои. В результате создается так называемый «скоростной подпор» ткани под лезвием.

С увеличением скорости резания время действия лезвия на образец сокращается. Уже при скоростях 10—15 м/с оно становится настолько малым по сравнению с периодом релаксации упругих напряжений в образце, что мышечная ткань все в большей степени начинает проявлять упругие свойства [2]. Последнее весьма положительно сказывается на качестве резания.

Установлено, что  $\epsilon$  перед разрушением образца больше при гладкой режущей кромке, чем при зубчатом лезвии. Температура образца заметно влияет на  $\epsilon$ . С понижением температуры она уменьшается, становясь практически равной нулю у замороженных образцов. Таким образом, мороженная рыба при резании ведет себя как твердое упругое тело. Качество реза при этом выше, чем при резании рыбы с положительной температурой.

При кинопросмотре наблюдалась деформация ткани и в направлении касательного движения ленточного полотна, обусловленная возникающей в процессе скольжения тангенциальной составляющей силы трения.

Кинопросмотр дает также отчетливую картину разрушения образцов в процессе резания. Отходы сырья в виде крошки уменьшаются, если резание производится полотном с гладким лезвием.

Результаты, полученные при использовании скоростной киносъемки, облегчают объяснение закономерностей в изменении энергозатрат на преодоление сопротивления динамическому резанию в зависимости от режимов обработки [3].

### Вывод

Применение скоростной киносъемки позволяет характеризовать деформируемость рыбного сырья непосредственно в процессе резания. Установлено, что величина относительной деформации  $\epsilon$  при скорости резания 26 м/с изменяется от 3,9 до 24,7% для трески и от 3,6 до 21,9% для морского окуна при увеличении скорости подачи от 0,013 до 0,087 м/с. При этом величина  $\epsilon$  перед разрушением образцов больше при гладкой режущей кромке, чем при зубчатом лезвии.

Результаты исследований процесса резания методом скоростной киносъемки способствуют объяснению закономерностей в изменении энергозатрат при динамическом резании рыбного сырья.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терентьев А. В. Основы комплексной механизации обработки рыбы. М., «Пищевая промышленность», 1969. 299 с.
2. Проселков В. Г., Пелеев А. И. Исследование структурно-механических свойств мышечной ткани рыбы. — «Рыбное хозяйство», 1967, № 3, с. 65—66.
3. Проселков В. Г. Исследование процесса резания мяса рыбы. — «Труды КТИРПХа», 1972, вып. X, т. VIII, с. 82—84.

*Application of high-speed film shooting to investigations of deformation of fish at cutting*

V. G. Proselkov

### SUMMARY

The method of application of high-speed film shooting to investigations of deformation of fish directly under cutters at processing is presented. The influence of the feeding and cutting rates on the extent of deformation of fish raw material is ascertained at various temperatures. The results obtained may be used for revealing regularities in variations in the consumption of energy needed to overcome resistance to dynamical cutting with regard to regimes of processing.