

## LIGHT INDUSTRY AND FOOD INDUSTRY

UDC 621.777.22.07

**Свяцкий Владимир Вячеславович**

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры обработки  
металлов давлением и спецтехнологий

Центральноукраинский национальный технический университет, Кропивницкий, Украина

**Крючков Григорий Николаевич**

магистрант

Центральноукраинский национальный технический университет, Кропивницкий, Украина

### **АНАЛИЗ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ПРЯМОЙ ЭКСТРУЗИИ ЧЕРЕЗ РАЗЛИЧНЫЕ ПРОФИЛИ МАТРИЧНЫХ ВОРОНОК**

***Аннотация.** На основе анализа поля линий скольжения установившейся стадии прессования через симметричную одноочковую матрицу предложено использовать профиль матричной воронки, выполненный по линии скольжения, разделяющий упругую и пластическую зону. Результаты теоретических исследований, компьютерного моделирования процесса прямого прессования с помощью программного комплекса *Deform 2D/3D*, анализ экспериментов показали, что оптимальные энергосиловые условия достигаются при прессовании через матрицу с профилем, выполненным по линии скольжения.*

***Ключевые слова:** компьютерное моделирование, прессование, инструмент, экструзия, матрица, профиль.*

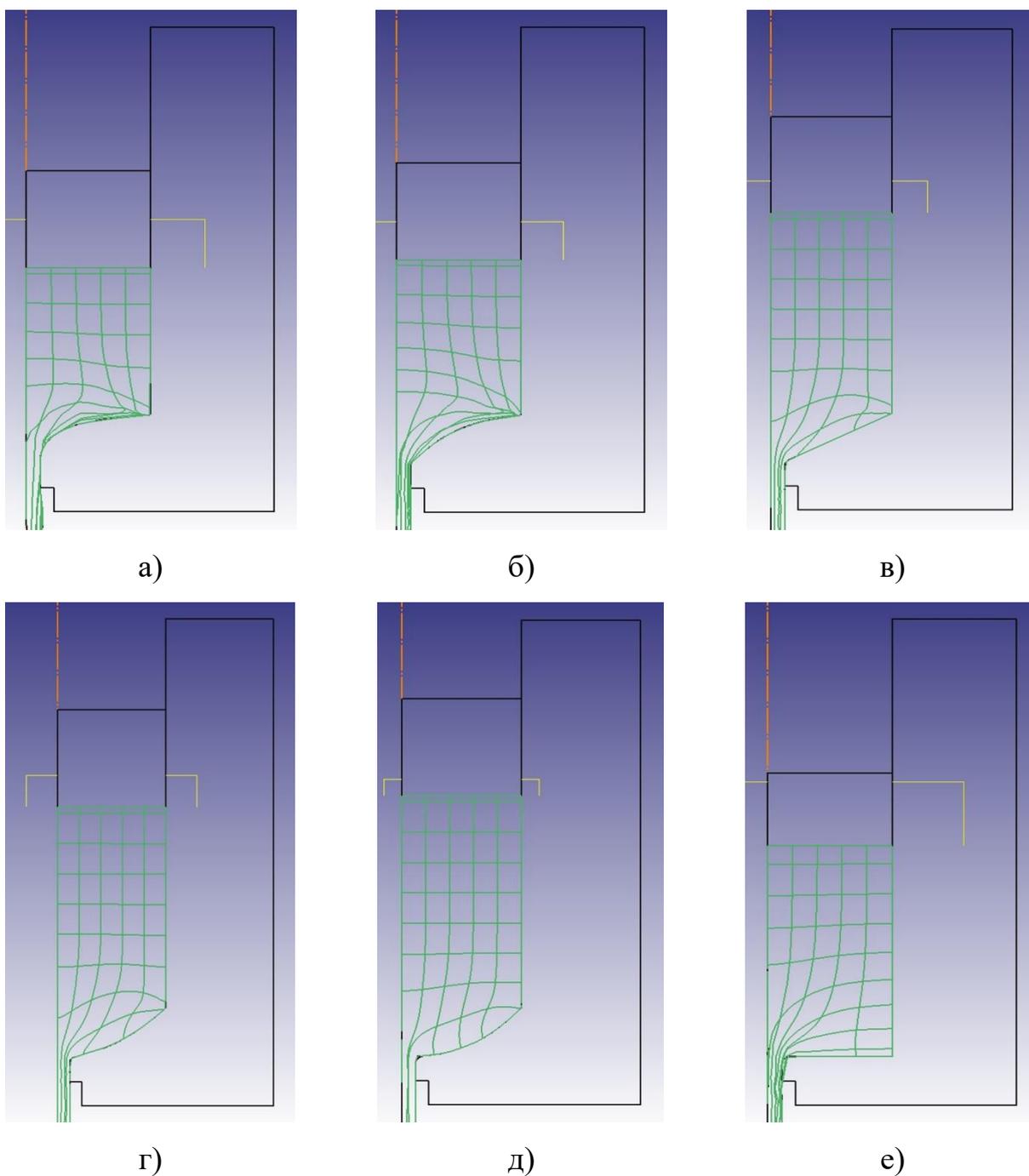
Оптимизация технологических параметров процессов прессования с целью получения изделий с минимальными энергосиловыми параметрами носит большой научный и практический интерес. Напряженное и деформированное состояние металла, а также размеры очага деформации при прессовании

существенно зависят от конструкции инструмента и, в частности, от формы матричной воронки.

Однако, до сих пор не существует единой точки зрения о влиянии геометрии очага деформации на энергосиловые параметры процесса прессования металлов.

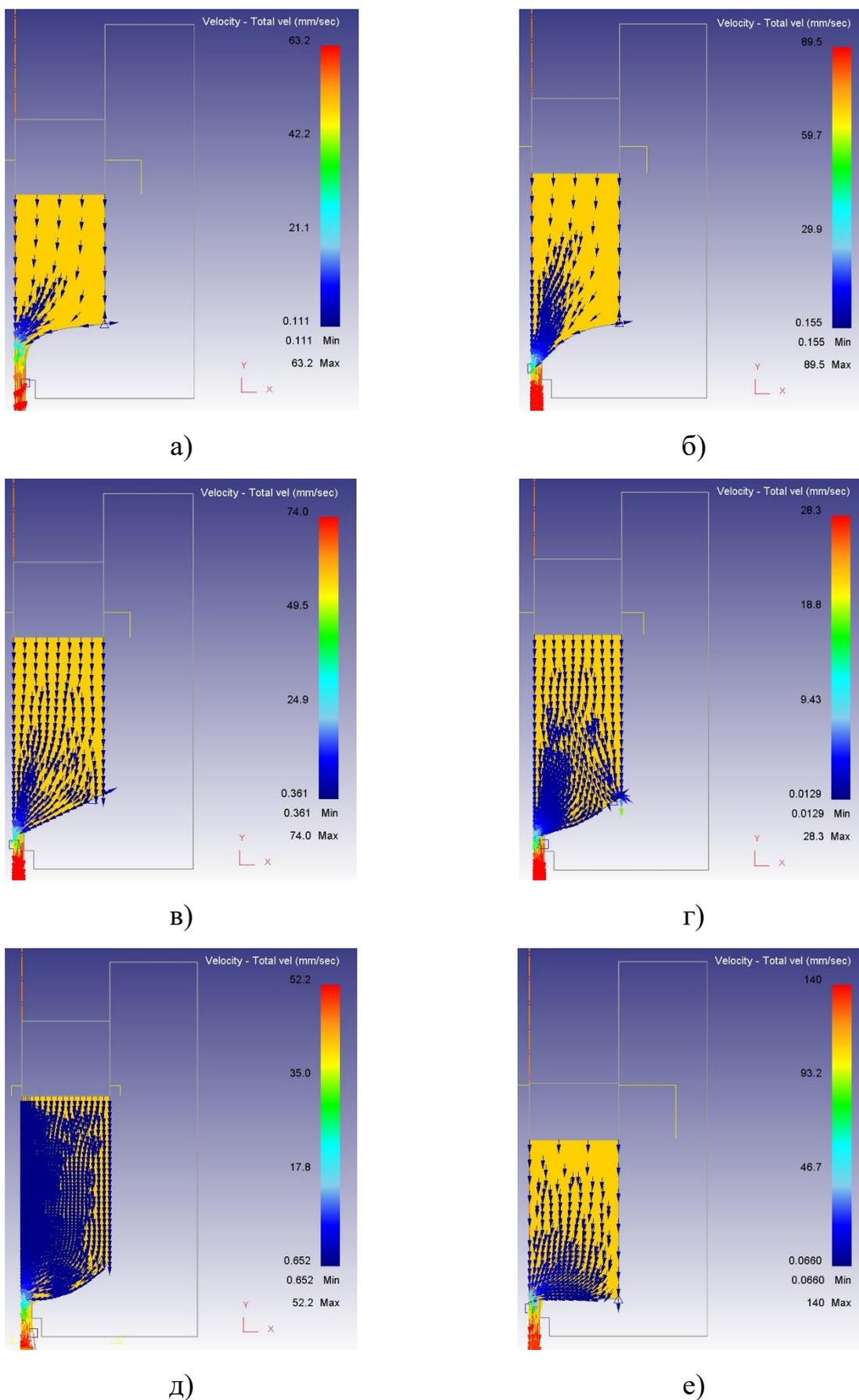
Проведено исследование по определению профиля матричной воронки на основе анализа поля линий скольжения установившейся стадии прессования через симметричную одноканальную матрицу [1]. С помощью компьютерного моделирования прямого прессования сплава AD1 ГОСТ 4784-97 с величиной вытяжки  $\mu = 81$  и со скоростью деформации 1 мм/сек исследовались такие типы профилей матричных воронок [2]: матрица, форма которой соответствует усеченному конусу; вогнутый профиль, построенный по циклоиде с радиусом  $R_{\text{ц}}$  исходя из условия наибольшей равномерности пластического течения металла в матричной воронке; выпуклый профиль, построенный по экспоненте, аргументированный условием постоянства логарифмической деформации  $\lambda_z$  на единицу высоты матричной воронки; выпуклый профиль, обоснованный условием обеспечения постоянства усредненной скорости деформации по высоте матричной воронки; матрица, профиль которой выполнен по линии скольжения, отделяющей пластическую зону от упругой установившейся стадии прессования.

Анализ компьютерного моделирования с помощью программного комплекса Deform 2D/3D силовых параметров прессования показал существенное преимущество вогнутых профилей матриц относительно других профилей [3, 4]. При прессовании через матрицу, профиль которой выполнен по линии скольжения, отделяющей пластическую зону от упругой, отмечены наименьшие энергосиловые затраты в сравнении с другими профилями матриц (рис. 1 – 3).

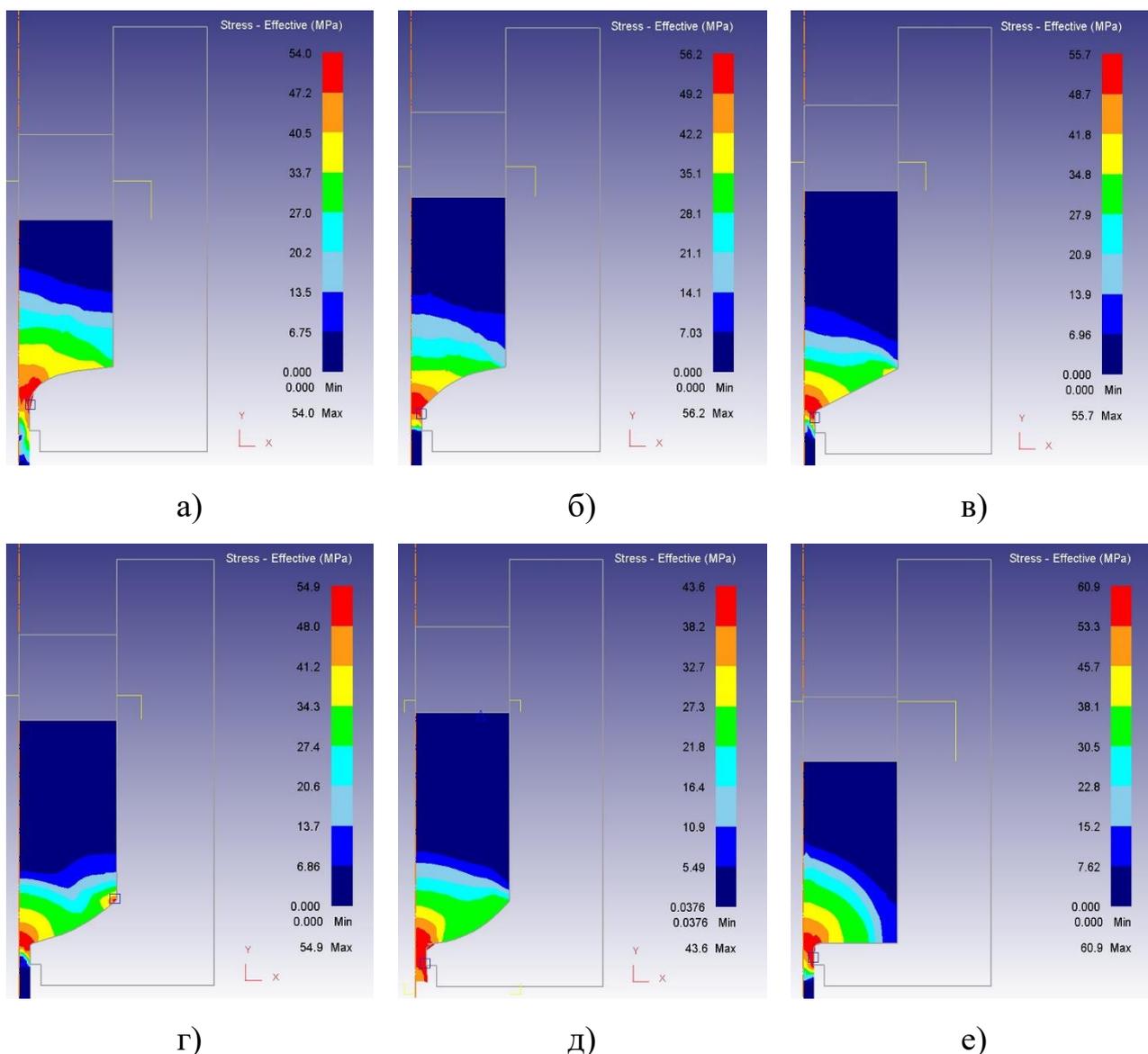


*а – первая выпуклая логарифмическая; б – вторая выпуклая логарифмическая;  
в – конусная; г – вогнутая по циклоиде; д – вогнутая по линии скольжения;  
е – прямоугольная*

**Рис. 1. Искажение координатной сетки для установившейся стадии прессования через разные типы матричных воронок**

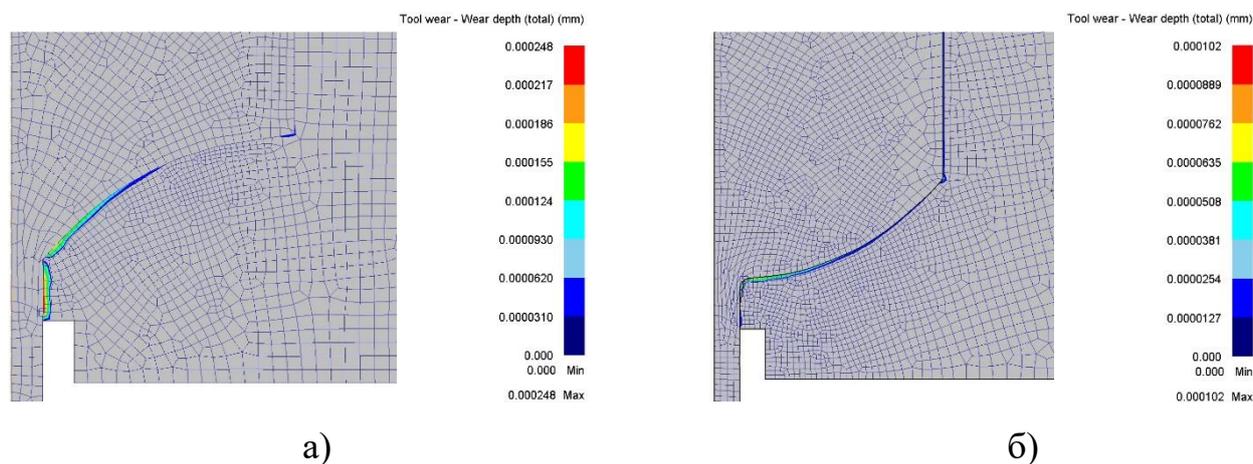


**Рис. 2. Векторное поле скоростей для установившейся стадии прессования через различные типы матричных воронок (а-е – см. рис. 1)**



**Рис. 3. Распределение интенсивностей напряжений для установившейся стадии прессования через разные типы матричных воронок (а-е – см. рис. 1)**

Величину износа инструмента оценивали с помощью контактной модели Рейе-Арчарда-Хрущева [5]. Износ контактной поверхности матричной воронки при этом зависит от давления прессования на границе раздела "инструмент – заготовка", скорости скольжения, твердости материала матрицы и времени технологической операции. Показано, что наибольшее значение износа характерно для выпуклых профилей инструмента (рис. 4, а), минимальное – для вогнутой по линии скольжения матричной воронки (рис. 4, б).



**Рис. 4. Характер и величины износа матриц с различными профилями воронки**

Экспериментальная проверка теоретических положений проводилась нами при прессовании дискретных тел (гранул) [6, 7]. Особенности характера течения гранул, наличие межгранулярного контактного трения дает возможность более убедительно показать распределение результирующих деформаций в очаге деформации. Общий вид пресс-остатков [6] свидетельствует о том, что форма матричной воронки существенно влияет на размеры очага деформации и распределение результирующих деформаций в випрессовке. Анализ деформаций гранул показывает, что для вогнутых воронок характерно искажение вертикальных осей дискретных частиц. Такие искажения уменьшаются к оси симметрии. При выходе из очага деформации наблюдается резкое изменение направлений линий течения дискретных частичек. Отмечено, что для выпуклых воронок площадь очага деформации наибольшая; для конических – течение металла является близким к радиальному в направлении усеченного конуса.

Таким образом, теоретические исследования прессования, компьютерное моделирование процесса прямой экструзии металла с помощью программного комплекса Deform 2D/3D, результаты экспериментальной проверки изложенных материалов показали, что оптимальные энергосиловые условия достигаются при прессовании через матрицу, которая имеет профиль, выполненный по линии скольжения.

## Список источников:

1. Шепельский Н.В. Оптимизация профиля матричной воронки для прессования / Н.В. Шепельский, В.В. Свяцкий // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. – 2000. – № 8. – С. 10-12.
2. Шепельский Н.В. Выбор рациональной геометрии матричной воронки для прессования / Н.В. Шепельский, В.В. Свяцкий // Физика и техника высоких давлений. – 2000. – Т. 10, № 4. – С. 57-61.
3. Свяцкий В.В. Інтенсифікація технологічного процесу пресування профільним інструментом / В.В. Свяцкий, О.В. Юшко // Сучасний рух науки: тези доп. VIII міжнар. наук.-практ. інтернет-конф., 3-4 жовтн. 2019 р. – Дніпро: WayScience. – Том 3. – С. 237-242.
4. Свяцкий В.В. Комп'ютерне моделювання процесу прямого пресування через різні профілі матричних лійок / В.В. Свяцкий, О.В. Скрипник, С.В. Конончук // Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки: зб. наук. пр. – Кропивницький: ЦНТУ, 2020. – Вип. 3(34). – С. 123-130.
5. Kato K. Classification of wear mechanisms/models // Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part J: Journal of Engineering Tribology. – 2002. – № 216(6). – P. 349-355.
6. Шепельский Н.В. Влияние геометрии очага деформации на процесс получения разобщенных волокон при прессовании литых гранул / Н.В. Шепельский, В.В. Свяцкий // Удосконалення процесів та обладнання обробки тиском в металургії та машинобудуванні: Збірн. наук. праць ДДМА. – Краматорськ-Слов'янськ, 2000. – С. 242-247.
7. Свяцкий В.В. Дослідження характеру руйнування поверхні контакту дискретних частинок при зсувних деформаціях / В.В. Свяцкий, Л.П. Свяцька // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Кіровоград: КНТУ, 2007. – Вип. 18. – С. 131-134.