

АНАЛИЗ СТРУКТУРНЫХ СВОЙСТВ ПРЕСС-ФОРМ ДЛЯ ЛИТЬЯ ТЕРМОПЛАСТОВ ПОД ДАВЛЕНИЕМ

К.т.н. Ю.Н. Александров, к.т.н. С.В. Сотник, Н.П. Демская, Харьковский национальный университет радиотехники

В работе проанализированы структурные свойства пресс-форм для литья термопластов под давлением, что позволило определить основные особенности составляющих, как литниковой системы, так и пресс-формы в целом.

В роботі проаналізовані структурні властивості прес-форм для виливання термопластів під тиском, що дозволило визначити основні особливості складових, як виливної системи, так і прес-форми в цілому.

This paper analyzes the gating system design of molds for thermoplastics casting under pressure, which allowed to identify the main features of the gating system components.

Ключевые слова: анализ, литниковая система, контроль качества, пресс-форма, термопласты

Введение

Задача проектирования литниковой системы пресс-форм для литья термопластов под давлением на сегодня, имеет ряд нерешенных аспектов, которые оказывают большое, нередко решающее влияние на качество, себестоимость и эксплуатационные характеристики литьевых изделий из термопластичных материалов.

Уменьшение себестоимости обеспечивается уменьшением объема литниковой системы, сокращением времени цикла, повышением устойчивости процесса к изменению условий, в том числе характеристик сырья и условий окружающей среды, поэтому в работе проведен анализ структуры литниковой системы [1 – 6].

Производство деталей из термопластов включает ряд этапов. После определения окончательной конструкции изготовления формующего инструмента и выбора полимерного материала начинается действительный процесс изготовления изделий.

При проектировании пресс-форм, которые определяют качество полученной детали, необходимо уделить особое внимание на литниковую систему.

Литниковая система – это система каналов формы, служащая для передачи материала из сопла литьевой машины в оформляющие гнезда формы. Застывший в литниковых каналах полимер называется литником [7].

Литниковая система должна обеспечивать поступление расплава полимера в формообразующую полость формы с минимальными потерями температуры и давления после пластицирующего цилиндра литьевой машины. Литниковая система решающим образом влияет на качество изготавливаемого изделия, расход материала, производительность процесса и др. Неправильно спроектированная литниковая система является причиной повышенных напряжений в изделии, его коробления, образования на поверхности изделия следов течения материала, неполного заполнения формообразующей полости, неравномерной усадки материала [8 – 10].

В общем виде литниковая система включает три основных элемента: центральный литниковый канал, по которому расплав из материального цилиндра поступает в форму; разводящий канал, ответвляющийся от основного центрального; впускной канал, по которому расплав непосредственно поступает в оформляющую полость.

Таким образом, анализ конструкции литниковой системы пресс-форм для литья термопластов под давлением является актуальной задачей.

Анализ конструкции литниковой системы пресс-форм

Представим конструкцию литниковой системы, как совокупность каналов формы, которая используется для передачи материала из сопла литьевой машины в формообразующие гнезда формы.

В общем виде литниковая система любого из видов пресс-форм содержит три элемента: центральный литник, по которому расплав с материального цилиндра машины поступает в форму, разводящий канал (РК), впускной канал (ВК), по которым расплав непосредственно поступает в оформляющую полость.

Многообразие конструкций литниковых каналов и наличие большого числа факторов, влияющих на их взаимосвязь с другими системами формы, литьевой машиной, материалом, точностью размеров изделия и его назначением, затрудняет разработку классификации [11 – 15].

Проведя анализ, определена классификация литниковых каналов на отдельные группы, подгруппы, типы. Каждый тип имеет конструктивные разновидности. Тип характеризуется геометрией изделия.

По группам литниковые каналы можно разделить на четыре основные: группа А – системы каналов для затвердевающих литников; группа Б – системы каналов для незатвердевающих литников; группа В – комбинированная система каналов групп А и Б, расположенных в одной форме.

Группа А делится на следующие подгруппы и типы: по гнездности – на одно- и многогнездные; по числу впусков – на одно- и многовпускные; по балансировке – на требующие и не требующие балансировки; по месту отделения литников – на отделяемые в форме и вне ее; по расположению впусков – в дно или боковую поверхность изделия снаружи или изнутри, в торец, в отверстия; по форме сечения каналов – на цилиндрические и конические с расширяющимся и сужающимся конусом, ленточные, трапецеидальные, щелевые, кольцевые (шатровые и дисковые) и веерные; по расположению каналов относительно плоскости разреза – на симметричные, выполненные на подвижной и неподвижной полуформе, туннельные и точечные; по расположению относительно продольной оси изделия – параллельно, перпендикулярно, под углом [16 – 32].

Группа Б делится на подгруппы и типы, кроме перечисленных, по расположению каналов – в дно изделия снаружи и внутри, для плоских изделий – «в плоскость»; по форме сечения – на цилиндрические, конические с расширяющимся конусом к изделию, прямоугольные; по расположению разводящих каналов в распределителе относительно сопла машины – на линейные в один ряд вертикально и горизонтально, Н, Ж- и Х-образное; по расположению разводящих каналов относительно плоскости разреза – формы параллельно и под углом; по расположению обогревателей относительно оси разводящего канала – ниже и параллельно оси канала в один ряд, на одном уровне с каналом по обе стороны канала; по применению конструкции сопел в распределителях – на открытые с изолирующим слоем, самозапирающие с опорной площадкой и изолирующим слоем.

Группа В включает все подгруппы и типы группы А и Б.

Рассмотрим подробнее элементы литниковой системы и начнем анализ с главного литника – центрального.

Центральный литниковый канал – наиболее простой элемент. Этот канал должен иметь достаточно большое сечение, возрастающее с увеличением вязкости расплава и толщины стенки изделия для сохранения жидкотекучести расплава в литниковой системе.

Однако сечение центрального литникового канала 1 (рис. 1.) не должно быть слишком большим, так как это увеличивает время охлаждения, расход материала и может ухудшить внешний вид изделия (появляются утяжины под литником при литье в одногнездные формы).

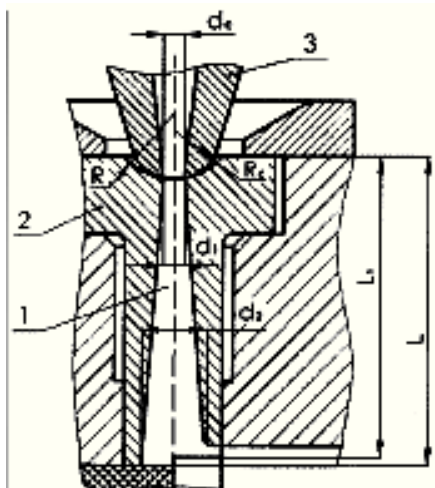


Рис. 1. Чертеж сечения центрального литникового канала

Диаметр d_1 отверстия центрального литникового канала на входе в литниковую втулку 2 можно принять по зависимости d_1 от массы m отливки (в заштрихованной зоне – рис. 2). Для развитой литниковой системы размеры следует выбирать ближе к верхнему краю зоны, для менее развитой системы – ближе к нижнему краю.

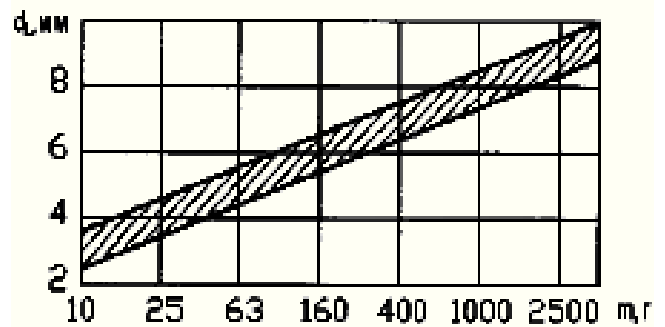


Рис. 2. Диаграмма зависимости диаметра отверстия центрального литника от массы отливки

Радиус сопла $R_c = (R - 1)$, мм; R – радиус литниковой втулки.

Коэффициент принимается равным $d_c = d_1 - (0,4 \dots 0,6)$, $L_1 \leq (L - 0,2)$, мм.

L – длина центрального литникового канала.

Далее проанализируем конструкцию разводящих каналов, которые являются частью литниковой системы, соединяющей оформляющие полости формы с центральным литниковым каналом [21 – 26].

Во всех случаях надо укорачивать разводящие каналы, так как увеличение их длины ведет к возрастанию расхода материала, потерь давления, а также ориентационных напряжений в изделиях.

Для уменьшения этих явлений разводящий канал перед поворотом следует снабжать специальными сборниками охлажденного расплава, то есть удлинять каналы на величину b (рис. 3), где величина $b_1 - (1,0 \dots 1,5) d_1$, а величина b принимается равной $b = (1,0 \dots 1,5) d$.

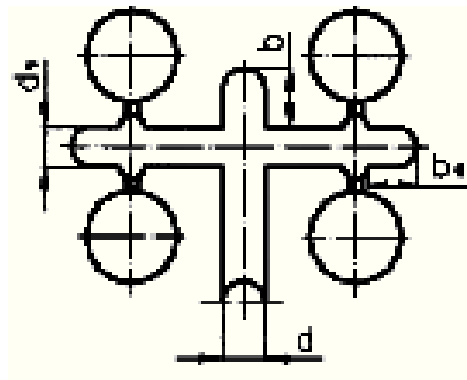


Рис. 3. Чертеж разводящих каналов

Необходимо добиваться такого расположения разводящих каналов, которое обеспечивает идентичные условия заполнения оформляющих гнезд расплавом полимера.

Проще всего эту задачу решить при таком расположении каналов (рис. 4), когда пути течения (показаны утолщенными линиями) до каждого гнезда равны.

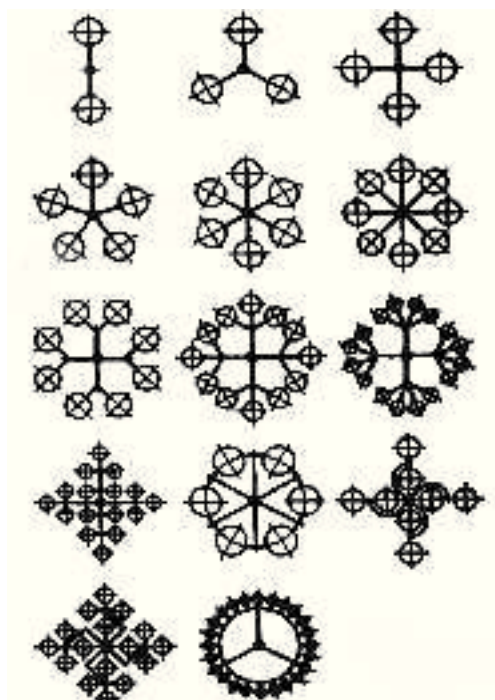


Рис. 4. Чертеж расположения разводящих каналов

Теперь проведем анализ впускных каналов.

Впускные каналы (питатели) имеют особое значение при литье под давлением. Они представляют собой последнее звено в системе литниковых каналов, подводящих материал к оформляющей полости формы.

Именно от размеров впускных каналов и их расположения в значительной степени зависит качество отливаемых изделий, поэтому определение оптимальных размеров впускных каналов, их числа и расположения является весьма ответственной задачей.

При определении размеров впускных каналов необходимо руководствоваться следующими общими соображениями:

- для уменьшения потерь давления при заполнении формы длина впускных каналов должна быть возможно малой;

- площадь сечения канала не должна быть слишком мала, так как это приводит к большим потерям давления, затрудняет заполнение формы и способствует возникновению внутренних и наружных усадочных дефектов и дефектов в зоне впуска (полосы, складки и пр.); кроме того, возможна термическая деструкция материала из-за его перегрева при прохождении с высокой скоростью через канал малого сечения;

- площадь сечения канала не должна быть слишком велика; это усложняет отделение литников и ухудшает внешний вид изделия (следы от литника), а также приводит к излишнему уплотнению расплава, увеличению степени ориентации полимера в детали и возникновению больших внутренних напряжений в зоне впуска.

Специальные виды литниковых систем. Развитие вопросов конструирования форм для литья термопластов

привело к разработке и использованию таких форм, которые поддерживают расплав в литниковой системе в состоянии текучести. В результате, появилась возможность получать отливки без литников и отпала необходимость их отделения, уменьшился расход материала, сократился цикл литья.

В зависимости от способа поддержания температуры текучести расплава в литниках такие литниковые системы можно разделить на следующие виды: система с самоизолирующимися каналами; системы с частично обогреваемыми разводящими каналами; системы с горячими каналами.

Литниковые системы с самоизолирующимися каналами являются самыми простыми и дешевыми из всех систем с неотверждаемыми литниками. Их отличительная особенность – подача расплава через каналы увеличенного диаметра, расположенные в необогреваемых элементах формы. При коротких циклах литья литник не успевает полностью затвердеть. На стенках канала образуется толстая корка, играющая роль изолятора и поддерживающая материал в расплавленном состоянии, так что он может свободно протекать к оформляющим полостям формы.

Системы с частично обогреваемыми разводящими каналами являются модификацией систем с самоизолирующимися каналами.

Отличительная особенность – наличие встроенного во впускное сопло и (или) в центральный литниковый канал сердечника из медного сплава с размещенным в нем ТЭНом (мощностью 40 – 100 Вт).

Сердечник поддерживает необходимую температуру расплава в сопле и впускном канале. Благодаря наличию таких нагревателей цикл литья может быть несколько увеличен.

Литниковые системы с горячими каналами (группа Б) – самые сложные и трудоемкие и в то же время наиболее надежные среди систем с неотверждаемыми литниками. Они позволяют перерабатывать достаточно широкий круг материалов (полиэтилен, полипропилен, полистирол, полиамиды, стеклонаполненные материалы и др.).

Наиболее распространены эти системы при литье крупногабаритных изделий, особенно тонкостенных, и в многогнездных формах, где большая доля массы отливки (при холодных литниковых каналах) приходится на литники.

Горячеканальная литниковая система состоит из двух основных частей: обогреваемого коллектора с центральной литниковой втулкой и сопла (сопл) без индивидуального обогрева или с ним.

В ходе проведенного анализа разработаны деревья структурных свойств элементов литьевой формы (рис. 5 – рис. 8), в которых первые уровни – система оформляющих и выталкивающих деталей, а последние уровни – непосредственно литниковая система.

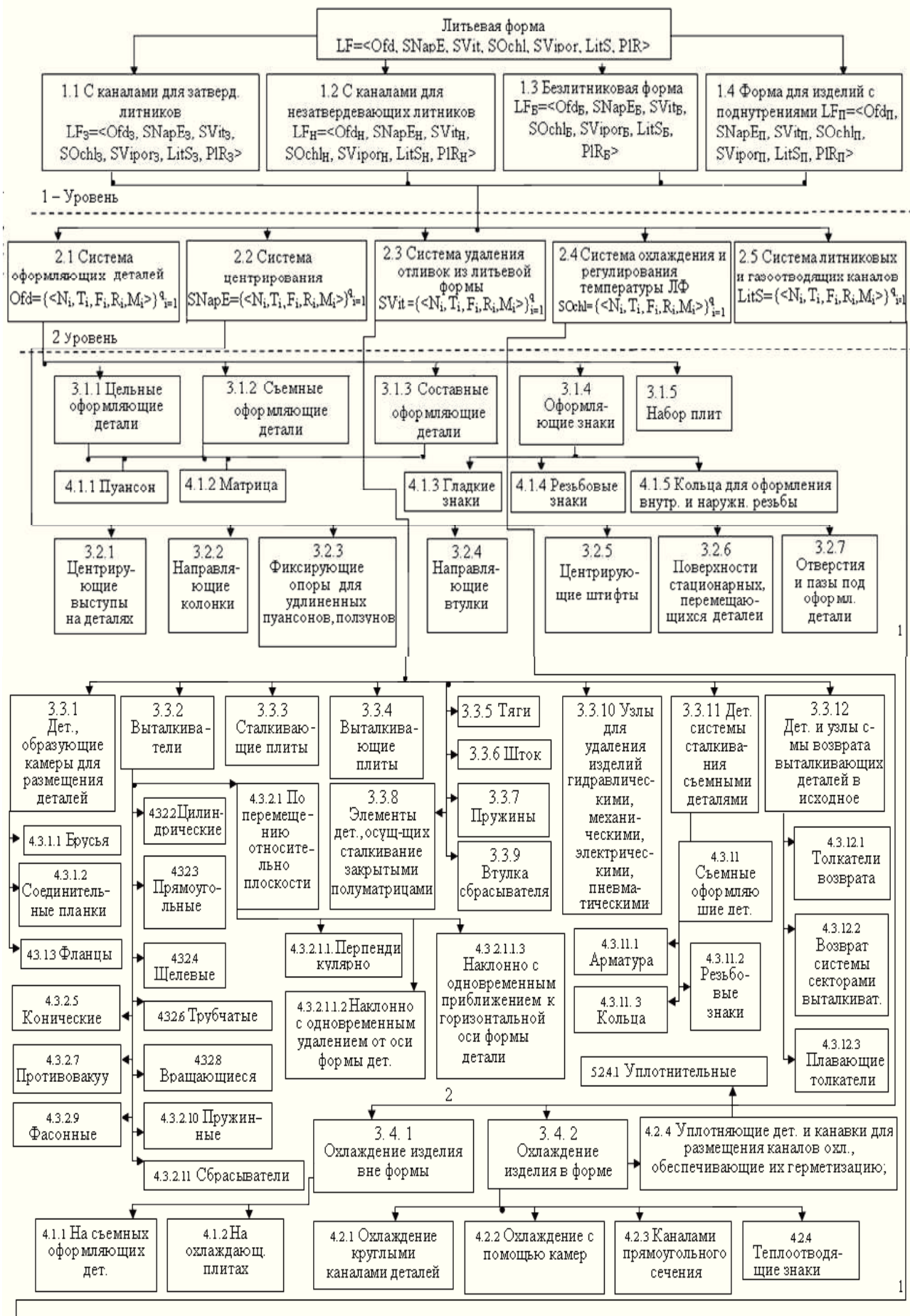


Рис. 5. Классификация структурных свойств элементов ЛФ

Продолжение рис. 5.

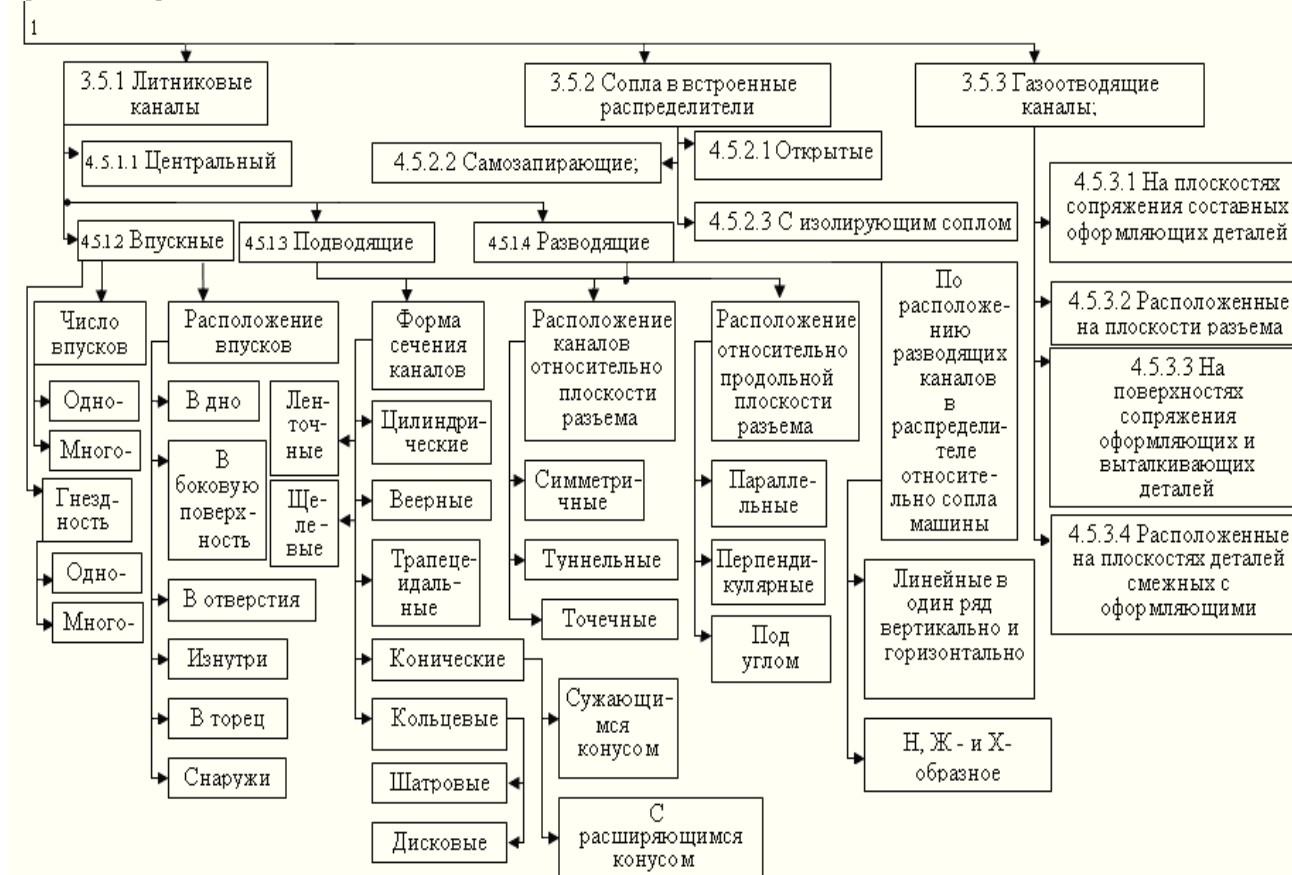


Рис. 5. Классификация структурных свойств элементов ЛФ

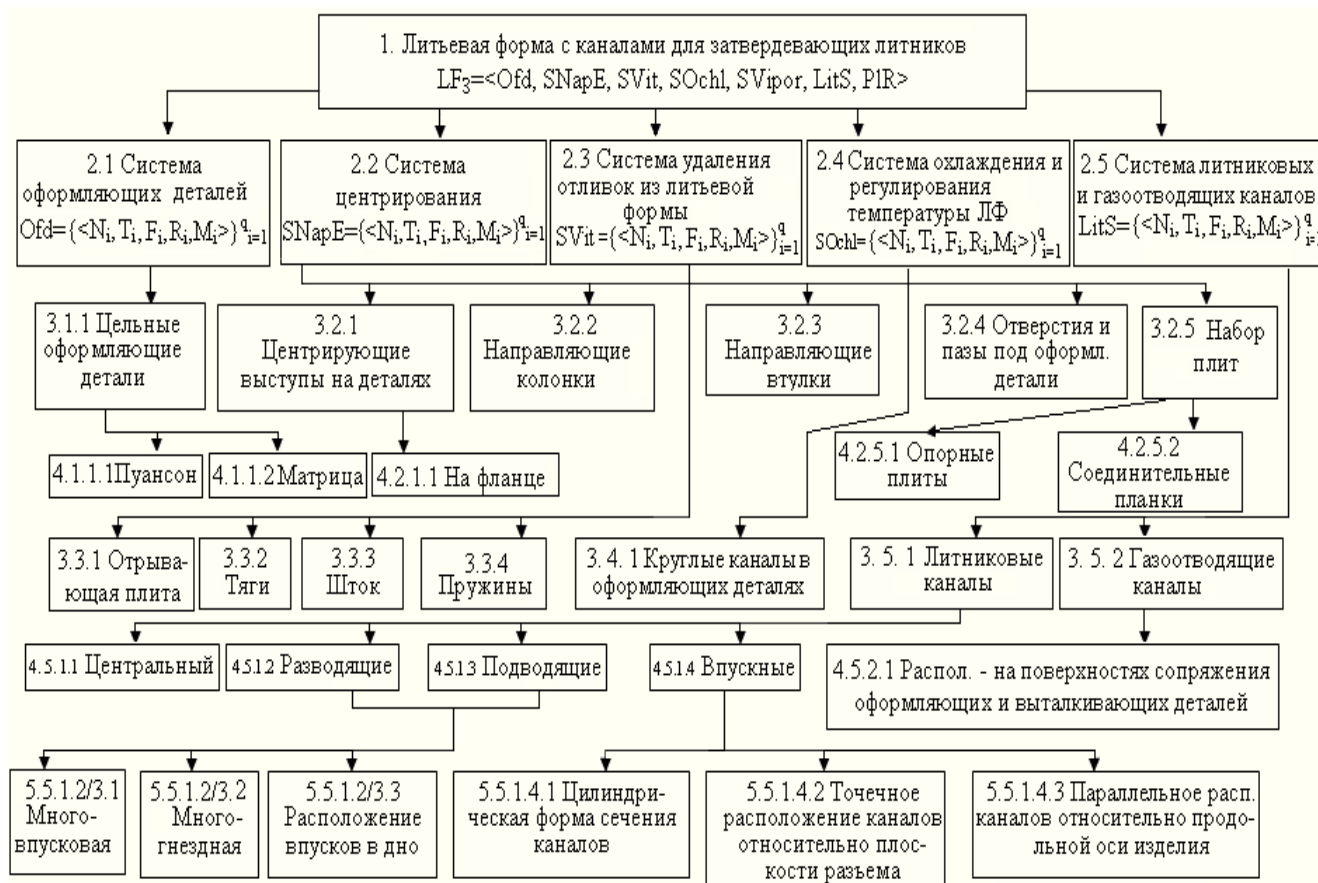


Рис. 6. Классификация структурных свойств элементов литевой формы с затвердевающими литниками

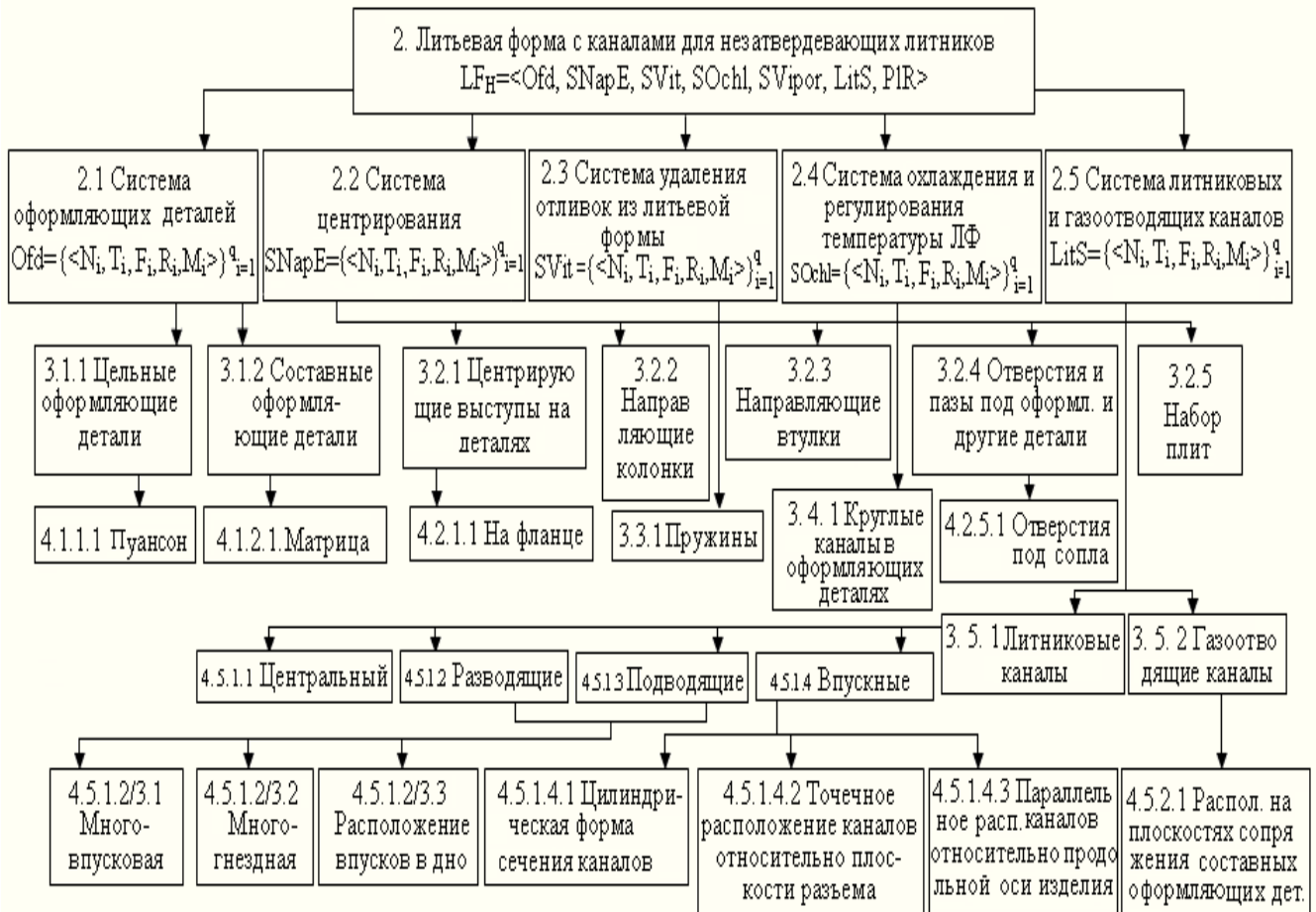


Рис. 7. Классификация структурных свойств элементов литьевой формы с незатвердевающими литникам

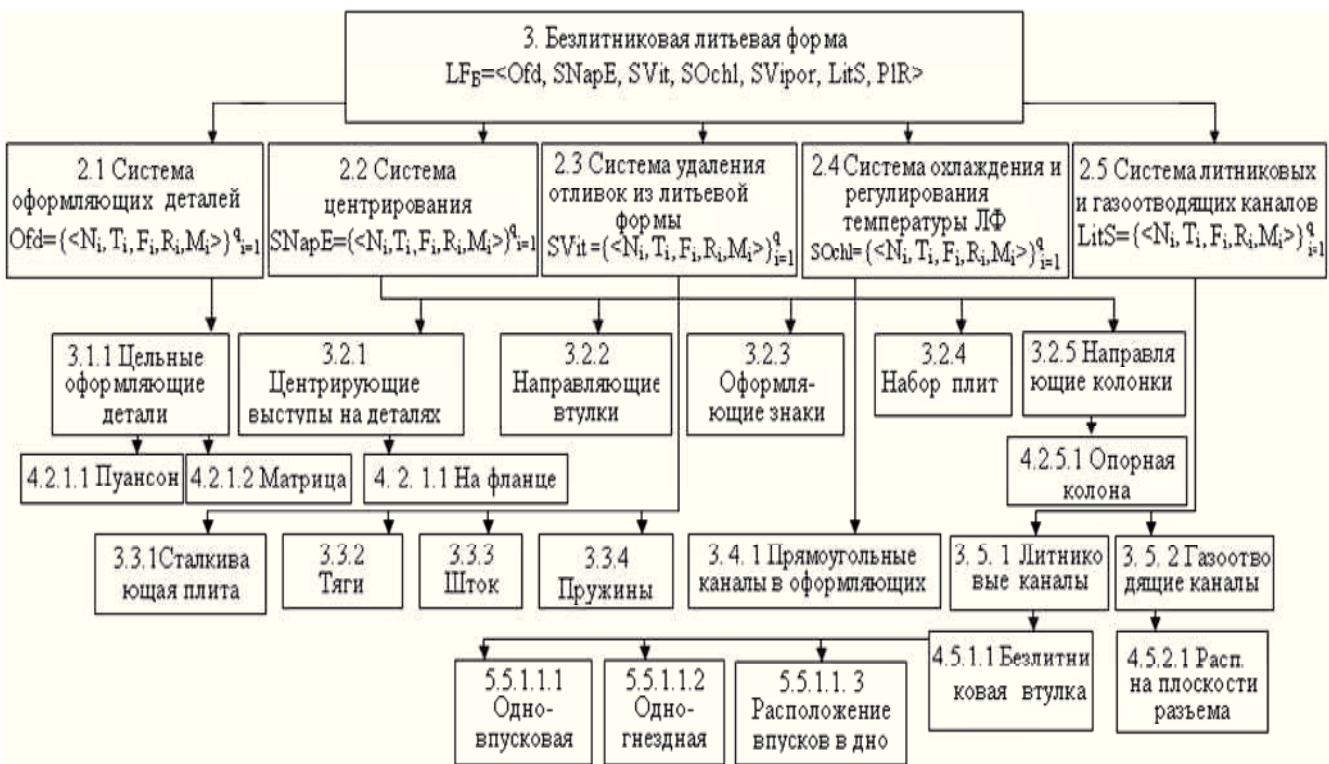


Рис. 8. Классификация структурных свойств элементов безлитниковой литьевой формы

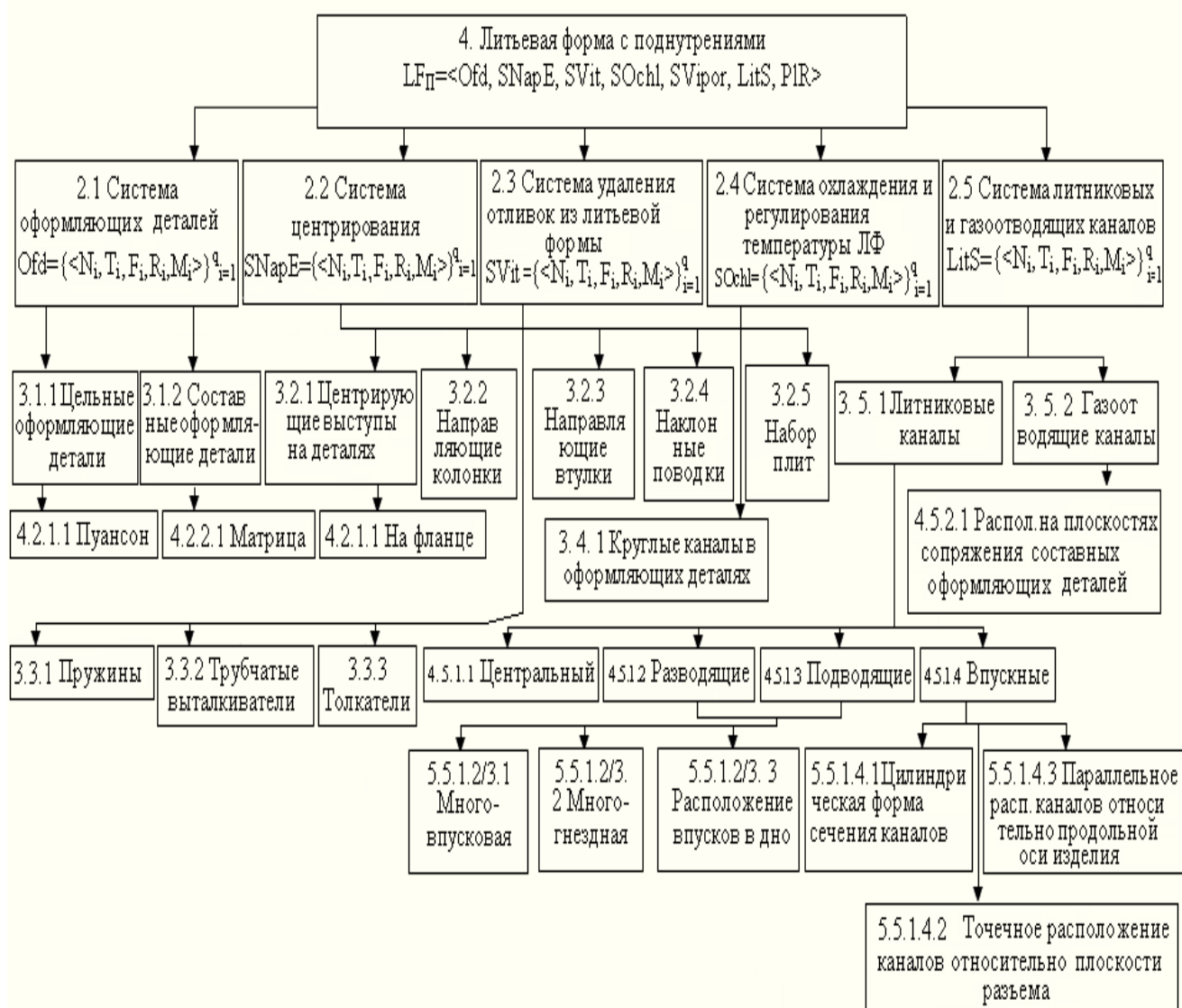


Рис. 9. Классификация структурных свойств элементов формы с поднутрениями

Выводы

Конструкция литниковых систем представляет собой иерархическую многомерную систему, которая имеет древовидную структуру со связями между структурными элементами.

Предложены классификации структурных свойств элементов пресс-форм, которые позволят разработать структурно-параметрическую модель на базе которой возможно реализовать программный модуль контроля качества изготовления полимерных деталей методом литья под давлением.

Построение структурно-параметрической модели имеет существенное значение в процессе автоматизированного проектирования и создания подсистемы САПР, так как каждому этапу проектирования можно сопоставить свою модель и тем самым избежать необоснованного усложнения задачи проектирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Сотник С.В. Метод оценки уровня качества полимерных деталей / С.В. Сотник // *Технология приборостроения*. – X. – № 2, – 2012, – С. 9 – 13.
2. Yi Yang, Xi Chen, Ningyun Lu, Furong Gao *Injection Molding Process Control, Monitoring, and Optimization*. – Carl Hanser Verlag, München, 2016. – 397 p.
3. Невлюдов И.Ш. Технологическое обеспечение точности размеров при формообразовании пластмассовых изделий / И.Ш. Невлюдов, С.В. Сотник // *Электронная компонентная база. Состояние и перспективы развития: 2-я Меж-дународная научная конф., 30 сент. – 3 окт. 2009 г.: тез. докл.* – Харьков–Кацивели, 2009. – С. 183–186.
4. Сотник С.В. Особенности формирования показателя качества при изготовлении пластмассовых изделий / С.В. Сотник, Е.В. Иевлев // *Вестник национального технического университета ХПИ* – № 58. – 2011, – 140 – 143 с.
5. Невлюдов И.Ш. Информационная модель технологической оснастки для производства пластмассовых деталей / И.Ш. Невлюдов, Е.П. Второв, С.В. Сотник // *Технология приборостроения*. – 2007. – № 1. – С. 28–31.

6. Невлюдов И.Ш. Анализ методов принятия решения при проектировании технологической оснастки / И.Ш. Невлюдов, Е.П. Второв, С.В. Сотник // Радиоэлектроника и информатика. – 2007. – № 2(37). – С. 69–73.
7. Невлюдов И.Ш. Выбор технологических режимов при автоматизированном проектировании технологической оснастки для изготовления полимерных материалов / И.Ш. Невлюдов, Е.П. Второв, С.В. Сотник // Радиоелектронні і комп'ютерні системи. «ХАІ». – 2008. – № 1(28). – С. 82–86.
8. Сотник С.В. Информационное моделирование функционирования технологической оснастки для изготовления деталей из пластмасс / С.В. Сотник // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2008. – № 4/5(34). – С. 21–23.
9. Невлюдов И.Ш. Структурно-параметрическое описание литьевой формы для производства деталей из пластмассы / И.Ш. Невлюдов, Е.П. Второв, С.В. Сотник // Технология приборостроения. – 2008. – № 1. – С. 40–44.
10. Второв Е.П. Выбор материала при проектировании литьевой формы / Е.П. Второв, С.В. Сотник, Е.А. Бойко // Вестник НТУ «ХПИ». – 2008. – № 43. – С. 125–128.
11. Невлюдов И.Ш. Интегрированная система проектирования оснастки для изготовления деталей из пластмассы / И.Ш. Невлюдов, А.А. Андрусевич, С.В. Сотник // Технология приборостроения. – 2009. – № 1. – С. 10–13.
12. Невлюдов И.Ш. Метод расчета оформляющих деталей формообразующей оснастки для технологического обеспечения жизненного цикла пластмассовых изделий РЭА / И.Ш. Невлюдов, А.А. Андрусевич, С.В. Сотник // Радиотехника. – Ч. 2. – X, 2009. – № 156. – С. – 240–243.
13. Невлюдов И.Ш. Термодинамическая модель жизненного цикла электронной аппаратуры / И.Ш. Невлюдов, А.А. Андрусевич, С.В. Сотник // Вісті академії інженерних наук України. – 2007. – № 3(33). – С. 132–134.
14. Невлюдов И.Ш. Решение задачи оптимизации расположения поверхностей разъема литьевой формы в САПР / И.Ш. Невлюдов, Е.П. Второв, С.В. Сотник // Новые технологии в машиностроении. «ХАИ». – 2008. – № 3(54). – С. 95–100.
15. Невлюдов И.Ш. Выбор технологических режимов при автоматизированном проектировании технологической оснастки для изготовления полимерных материалов / И.Ш. Невлюдов, Е.П. Второв, С.В. Сотник // Новые технологии в машиностроении. «ХАИ». 3 – 8 сент. 2007 г.: тез. докл. – Харьков-Рыбачье, 2007. – С. 18.
16. Сотник С.В. Принятие технического решения при проектировании технологической оснастки / С.В. Сотник // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 11-й Междунар. молодеж. форум, 10 – 12 апр. 2007 г.: тез. докл. – X, 2007. – С. 244.
17. Сотник С.В. Модель функціонування технологічного оснащення / С.В. Сотник // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 12-й Междунар. молодеж. форум, 1 – 3 апр. 2008 г.: тез. докл. – X, 2008. – С. 223.
18. Невлюдов И.Ш. Диагностирование литьевых форм для изготовления изделий из пластмассы / И.Ш. Невлюдов, Е.П. Второв, С.В. Сотник // Электронная компонентная база. Состояние и перспективы развития «МРФ – 2008»: 1-ая Международная научная конф., 30 сент. – 3 окт. 2008 г.: тез. докл. – Харьков – Судак, 2008. – С. 187–190.
19. Сотник С.В. Обработка данных в модуле расчета конструктивных параметров технологической оснастки в САПР / С.В. Сотник // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций «РТ – 2008»: 4-я Международная молодежная научно-техническая конф., 21 – 25 апр. 2008 г.: тез. докл. – Севастополь, 2008. – С. 228.
20. Невлюдов И.Ш. Решение задачи оптимизации расположения поверхностей разъема литьевой формы в САПР / И.Ш. Невлюдов, Е.П. Второв, С.В. Сотник // Новые технологии в машиностроении: 18-я Международная конф., 3 – 8 сент. 2008 г.: тез. докл. – Харьков-Рыбачье, 2008. – С. 17.
21. Сотник С.В. Структурно-параметричне моделювання технологічної оснастки / С.В. Сотник // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 13-й Междунар. молодеж. форум, 30 марта – 1 апр. 2009 г.: тез. докл. – X, 2009. – С. 111.
22. Сотник С.В. Расчетные соотношения для термостабилизации в технологической оснастке при изготовлении изделий РЭА / С.В. Сотник, А.А. Андрусевич // Современные проблемы радиотехники и телекоммуникаций РТ – 2009”: 5-я Международная молодежная научно-техническая конф., 20 – 25 апр. 2009 г.: тез. докл. – Севастополь, 2009. – С. 207.
23. Henryk Zawistowski. Особенности проектирования и производства литьевых форм / Henryk Zawistowski, Третьяков Артем. // "Полимеры-Деньги". – № 4. – 2005. – с. 5–12.
24. Граблев А.Н., Болдин А.Н. Машины и технология литейного производства. Введение в специальность: Учебное пособие. – М.: МГИУ, 2010. – 228 с.
25. Сотник С.В. Дослідження процесу балансування виливної системи в прес-формі / С.В. Сотник // Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке: 16-й Междунар. молодеж. форум, Т. 2. – 1-3 апр. 2012 г.: тез. докл. – X, 2012. – С. 56.
26. Сотник С.В. Исследование процесса формообразования литьевой детали / И.Ш. Невлюдов, С.В. Сотник, Д.А. Малафеев // Новые технологии в машиностроении, 23-я Международная конференция, 3 – 8 сент. 2013 г.: тез. докл. – Харьков-Рыбачье, 2013. – С. 17 - 18.
27. Зорин С. Проектирование литниковых каналов / С. Зорин // Пластик – М. – № 4 (144), – 2015. – с. 26-28.
28. Литье и оснастка: технологические новинки // Пластик – М. – № 4 (110), – 2012. – с. 34-36.
29. Дж. Авери, К.Т. Окамото Специальные технологии литья под давлением / Авери Дж., Окамото К.Т. // Профессия – Питер, 2009. – 422 с.
30. Ложечко Юрий Литье под давлением термопластов / Ю. Ложечко // Профессия – Питер, 2010. – 220 с.
31. Гордон М. Дж. Управление качеством литья под давлением / М. Дж. Гордон // Научные основы и технологии – СПб., 2012 – 816 с.
32. Коротченко Андрей Способы обеспечения качества отливок при литье под давлением / А. Коротченко // LAP LAMBERT Academic Publishing – Германия: 2011 – 56 с.