

вочное производство. – 1970. – № 6. – С.16-19. **3. Мовшиович И.Я.** Исследование надежности и долговечности универсально-сборных штампов в условиях мелкосерийного машиностроительного производства. – Дисс. канд. техн. наук. – Краматорск. –1969. – 217 с. **4. Зяярненко Е.И.** Разработка математических моделей и расчеты на прочность разделительных переналаживаемых штампов – Дисс. докт. техн. наук. – Харьков, 1992. – 280 с. **5. К** задаче формирования расчетных элементов технологических систем листовой штамповки / Н.А. Гоголь, О.В. Назарова, А.В. Ткачук та ін. // Вестник НТУ „ХПИ”. Тем. вып.: “Динамика и прочность машин”. – Харьков: НТУ „ХПИ”. – 2005. – № 47. – С.50-60. **6. Численное моделирование процесса холоднolistовой штамповки / Н.А. Демина, О.П. Назарова, А.Д. Чепурной та ін. // Вестник НТУ „ХПИ”. Тем. вып.: „Машиноведение и САПР” – Харьков: НТУ „ХПИ”. – 2006. – № 3. – С.70-79. **7. Демина Н.А.** Контактное взаимодействие в сопряжении „луансон – штампуемый материал – матрица” / Н.А. Демина, О.П. Назарова, А.Н. Ткачук // Вестник НТУ „ХПИ”. Тем. вып.: „Машиноведение и САПР” – Харьков: НТУ „ХПИ”. – 2007. – № 23. – С.39-48. **8. Сердюк Ю.Д.** Общий подход к конструкторско-технологическому обеспечению стойкости элементов штампов / Ю.Д. Сердюк, Н.А. Ткачук, Н.А. Демина // Вестник НТУ „ХПИ”. Тем. вып.: „Машиноведение и САПР” – Харьков: НТУ „ХПИ”. – 2009. – № 28. – С.92-102. **9. Ткачук Н.А., Мовшиович А.Я., Ткачук А.Н.** Элементы разделительных штампов: методы и модели для исследования напряженно-деформированного состояния // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка металлов давлением. – 2009. – № 2. – С. 16-25. **10. Романовский В.П.** Справочник по холодной штамповке. – Л.: Машиностроение, 1979. – 520 с. **11. Попов Е.А.** Основы теории листовой штамповки. – М.: Машиностроение, 1968. – 283 с. **12. Евстратов В.А.** Теория обработки металлов давлением. – Харьков: Вища школа, 1981. – 248 с. **13. Колтунов М.А., Кравчук А. С, Майборода В. П.** Прикладная механика деформируемого твердого тела. – М.: Высш. школа, 1983. – 349 с.**

Поступила в редколлегию 01.03.10

УДК 621.9.06-52:658.527

**В.В. ДИОРДИЙЧУК**, вед. конструктор, **В.А. ШКОДА**, канд. техн. наук, нач. бюро, ОАО ”Головной специализированный конструкторско-технологический институт”, г. Мариуполь

### **ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ФОРМОВОЧНЫХ ЛИНИЙ КРУПНОГО ЛИТЬЯ**

У статті проведений аналіз різних конструкцій основних транспортних систем автоматизованих формувальних ліній. Розглянуті чинники, що обумовлюють вибір типу транспортної системи. Показана необхідність проведення досліджень силових навантажень в елементах системи з метою створення оптимальних конструкцій, що забезпечують надійну і безперебійну роботу ліній.

In the paper the analysis of different constructions of the automated moulding lines basic transport systems is conducted. Factors, stipulating the typeselection of a transport system, are considered. The necessity of leadthrough of researches of the power loadings is rotined for the elements of system with the purpose of creation of optimum constructions, providing reliable and trouble-free work of lines.

**Постановка задачи.** Автоматизированная формовочная линия (АФЛ) представляет собой поточную линию, в которой все производственные операции или их большинство выполняется автоматически. АФЛ получения отливок в разовых опочных формах выполняется с циркуляцией по замкнутому контуру из-за необходимости возвращения пустых опок от узла выбивки к

формовочным автоматам.

В АФЛ с жесткой связью все технологическое оборудование линии связано общим транспортирующим органом, передвигающимся прерывисто или непрерывно. Для уменьшения простоев автоматической линии с жесткой связью необходимо повышение надежности работы всего технологического оборудования и охватывающей его транспортной системы. Планировка автоматических линий в подавляющем большинстве случаев определяется расположением и конструкцией выбранных транспортирующих устройств.

**Обзор литературы.** В работах [1], [2] отмечается, что механическое транспортирование модельной оснастки, опок и форм должно обеспечивать надежное автоматическое протекание технологических процессов на АФЛ. В работе [3] предложен структурный подход к вопросам надежности работы АФЛ и разработана структурная схема надежности для линий в целом. При этом в число обобщенных моделей АФЛ включены транспортные средства и система управления. Однако конкретные рекомендации по повышению надежности работы транспортных средств не приводятся.

В работе [4] рассмотрены структурные элементы формовочных линий: формовочные автоматы, распаровщики, кантователи, стержнеукладчики, сборщики, механизмы очистки опок, грузоукладчики и др. Эти структурные элементы связывают между собой транспортные средства. При этом отмечается, что основной задачей при проектировании транспортной системы АФЛ является нахождение максимального потока опок, проходящего через звенья. В том случае, когда транспортная система является одиночной цепью, величина максимального потока ограничивается минимальной из пропускных способностей звеньев, которые в данном случае являются “узким местом” в транспортной системе. Задача значительно усложняется, если транспортная система АФЛ разветвленная. В указанной работе по пропускной способности линии разработаны топологические модели транспортной системы. Величина максимального потока равна минимальной пропускной способности его звена. Однако в работе не освещены вопросы выбора оптимальных конструкций отдельных звеньев транспортной системы.

Для транспортирования собранных форм к заливке и далее для передвижения в процессе охлаждения к выбивке в АФЛ чаще всего применяют горизонтально замкнутый конвейер. Около него, внутри или снаружи его трассы, располагают участок формовки и сборки литейных форм, который является ответвлением от него.

Компоновка АФЛ может быть выполнена также с основным замкнутым контуром циркуляции в виде системы двух или четырех шагающих транспортеров или рольгангов с последующим переталкиванием опок и форм с одного транспортного устройства на другое [5].

В некоторых автоматизированных и комплексно-механизированных линиях транспортные системы выполняются на основе роликовых конвейеров (рольгангов). При этом роликовые конвейеры набирают из отдельных унифицированных секций длиной 4,5 и 6 м. Однако эти конвейеры применяются в

основном для сравнительно небольших и средних опок. Комплексно-механизированные линии типа ЛН-218 и ЛН-240, созданные на базе роликовых конвейеров, предназначены для изготовления крупных стальных отливок, но рекомендуются только для условий единичного и мелкосерийного производств [6]. Некоторые транспортные линии komponуются на базе роликовых конвейеров с дополнительным включением передаточных, поворотных передаточных тележек и поворотных столов.

Все вышеперечисленные транспортные системы требуют дополнительных транспортных средств и технологического оборудования, что связано со значительным увеличением производственных площадей и усложняет работу АФЛ крупного литья в условиях серийного производства.

Литейные тележечные конвейеры помимо отмеченного имеют существенный недостаток – замена тележки при выходе из строя опорных подшипников или изношенных звеньев тяговой цепи, расположенной под тележками, являются трудоемкими операциями, требующими значительных затрат времени. Исходя из вышеизложенного наиболее оптимальной конструкцией транспортной системы автоматизированной формовочной линии для производства крупного литья в условиях серийного производства была бы система, в которой:

- тележки, составляющие конвейер, не были бы жестко связаны друг с другом;
- все технологическое оборудование встраивается компактно по оси линии (без ответвлений в сторону);
- не требуется дополнительное грузоподъемное и транспортное оборудование (за исключением операций установки грузов на формы перед заливкой в них жидкого металла и снятия их после затвердевания жидкого металла).

Таким требованиям отвечают получившие в последнее время широкое распространение в отечественной и зарубежной практике автоматизированные формовочные линии, в которых транспортная система выполнена из паллет. При этом сама транспортная система является комбинированной и состоит из отдельных участков, по которым опоки, полуформы и литейные формы вместе с паллетами перемещаются по рельсовому пути, по рольгангу и по трансбордеру (передача с одной ветви конвейера на другую). Такая автоматизированная линия с размерами опок 2900x1700x500мм, была разработана фирмой "KUNKEL WAGNER" для ЗАО "Азовэлектросталь" (г. Мариуполь). Впоследствии с целью увеличения фронта заливки и продолжительности застывания жидкого металла в форме она была модернизирована [7] (рис. 1).

Имеются сведения о разработке подобной линии (с размерами опок 3000x1800x500мм) фирмой "SAVELLI S.p.A." для Алтайского вагонзавода (Россия) [8].

Транспортная система [9] имеет оригинальную конструкцию и содержит рольганг с отбортованными роликами для перемещения опок, верхних и нижних полуформ через участки формовки и сборки и рельсовый путь для их дальнейшей транспортировки к позициям заливки, выдержки и выбивки (рис. 2).

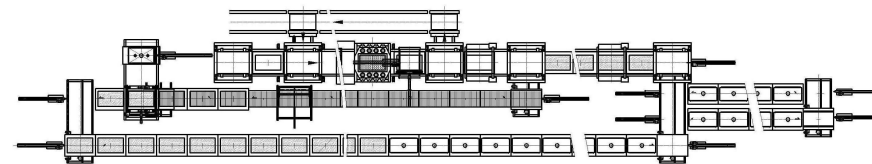


Рис. 1

Особенность устройства состоит в том, что ширина рельсового пути выбрана меньше, чем рольганга, а подопочные щитки (паллеты) оснащены катками для перемещения рельсового пути и снабжены снизу рамы с обеих сторон опорными поверхностями для транспортирования их по отбортованным роликам рольганга. При этом рельсовый путь выполнен соосно с рольгангом. Такое техническое решение обеспечивает автоматизированную транспортировку опок, полуформ и форм при минимальной потребности в производственных площадях и отсутствии необходимости дополнительного использования специальных грузоподъемных транспортных механизмов. Именно это техническое решение легло в основу транспортной системы к АФЛ фирмы "KUNKEL WAGNER".

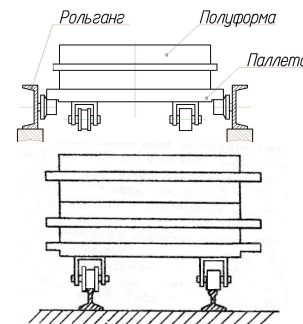


Рис.2

Как указывалось выше, основным элементом рассмотренной транспортной системы является паллета. Паллета – неподвижная специальная транспортная тележка, имеющая большие габариты в плане (по размеру опоки) при небольшой высоте. Небольшая высота паллеты обеспечивает ряд преимуществ:

- компактное (по высоте) расположение узлов кантовки и спаривания опок;
- низкое расположение центра масс паллеты (а, значит, и паллеты с формой), что обеспечивает ее устойчивое положение от воздействия толкателя при ее нахождении в любом месте линии;
- уменьшение движущейся массы, а, значит, и снижение усилия толкателя;
- удобство замены паллет.

Характерной особенностью применяемых паллет является установка на раме с одной стороны пары ребордных колес (на одном рельсе) и безребордных колес с другой стороны. Такое техническое решение обеспечивает фиксированное (по ширине) расположение паллеты, что очень важно для взаимодействия ее с рядом датчиков и позиционеров АФЛ, установленных на расстоянии 3-5мм. В то же время наличие пары безребордных колес на втором рельсе снижает вероятность заклинивания паллеты на рельсовом пути.

Обобщенно корпус паллеты представляет собой жесткую горизонтально ориентированную раму с развитым оребрением снизу платформы. Паллеты, применяемые на АФЛ ЗАО „Азовэлектросталь”, имеют раму с размерами 1900x3000мм и высотой 170мм. Диаметр катушек поверхности паллеты 200мм. Общая высота паллеты (от катушек поверхности колеса до верха платформы) 300мм. Обеспечивая вышеперечисленные преимущества, рама паллеты испытывает в процессе работы целый ряд силовых воздействий:

- изгибающий момент от воздействия на раму паллеты равномерно распределенной загрузки от веса литейной формы с залитой в нее жидким металлом и установленного на форму груза;
- изгибающий момент от динамического воздействия на раму от устанавливаемого краном на форму груза (для предотвращения ”всплывания” верхней полуформы при заливке в форму жидкого металла);
- динамическое воздействие на форму, расположенную на паллете, от струи жидкого металла, которое зависит от высоты расположения ковша над уровнем поднимающегося в форме металла;
- силовая равномерно распределенная нагрузка на раму паллеты;
- боковая горизонтальная нагрузка от взаимодействия паллеты с соседними паллетами и с толкателями;
- тепловое воздействие на платформу паллеты, проявляющееся при нарушении целостности формы и выходе из нее жидкого металла, что может привести к снижению прочностных свойств нагруженной конструкции;
- воздействие на раму паллеты (через оси колес) пары сил от возникновения трения между ребрами колес и рельсом при искривлении последнего.

В процессе эксплуатации паллет действующие нагрузки приводят к деформации ее рамы (появляется неплоскостность до 10 мм вместо допускаемой 0.5-1мм), что вызывает необходимость вывода ее из состава линии по двум причинам:

- нарушается плотное прилегание нижней опоки к платформе паллеты с образованием между ними зазоров, следствием чего является прорыв жидкого металла из формы на паллету, приводящий к браку литья и дополнительной термической деформации паллеты;
- затрудняется прохождение опоки, находящейся на деформированной платформе, через позиции формовки, установки срезки излишков смеси, кантователя и спаривателя полуформ.

Вся нагрузка от паллеты, включая ее вес, передается колесам на их корпус и подшипники, установленные на валу.

**Заключение.** Представляет интерес изучение характера распределения напряжений и деформаций в раме паллеты, установление закономерностей их распределения и выработка рекомендаций по оптимальному варианту ее проектирования. Для этого нужно создать математическую деформационно-силовую модель рамы паллеты.

Необходимо также углубленное изучение влияния силовых нагрузок на

колеса паллеты, толкатели, перемещающие ряд паллет, и на другие элементы транспортной системы.

Решение вышеизложенных задач позволит обеспечить долговечность и надежность транспортной системы и всей автоматизированной линии в целом.

**Список литературы:** 1. *Hackstein Roif, Bentler Kans-Burkhard.* Der große Schrift in die Automatisierungs-Untersuchung zum Einsatz automatischer Formanlagen //Giesserei. – 1989. – 76. – №7. – С. 206-209. 2. *Грушевский В.Г., Исаев И.Р.* Эффективность использования автоматических формовочных линий // Литейное производство. – 1979. – №8. – С. 30-31. 3. *Городыскин М.В., Костырко Я.-В.И., Ожоган В.А., Галуцак И.Д., Долиний Б.С.* Методологические вопросы исследования надежности автоматических формовочных линий// Рукопись ДЕП. в УкрНИИИТИ 27.04.89, №1181-Ук89. 4. *Красников В.Ф.* Транспортные системы автоматических формовочных линий//Механизация и автоматизация. - 1975г.№10.-с11-12. 5. *Аксенов П.Н.* Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1968. – 458 с. 6. *Сафронов В.Я.* Справочник по литейному оборудованию. – М.: Машиностроение, 1985. – 320с. 7. Патент Украины №15676, кл. В22D47/00. Литейная формовочная линия. *Савчук А.В., Чепурной А.Д., Андрияш А.С. и др.* Оpubл. 17.07.2006, бюл.№7. 8. *Кудин Д.* Инновационные технологии фирмы ”SAVELLI S.p.A.”(Италия) и „АНВ GIESSEREITECHNIK GMBH”(Германия) при производстве крупного вагонного литья // Литье Украины. – 2008. – С. 27-35. 9. Пат. ФРГ, кл.В22С25/00, №2548316. Verfahren und Vorrichtung zum Transport von Kasten bei automatischen Gieberei-Formanlagen. *Becken Friedrich.*, заяв. 29.10.75, опубл.22.03.79.

*Поступила в редколлегию 01.03.10*

УДК 532.595

**Е.В. ЕСЕЛЕВА**, канд. техн. наук, ст. научн. сотр. отд. прочности и оптимизации конструкций ИПМаш НАН Украины, г. Харьков

### **ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ ОБОЛОЧЕК ВРАЩЕНИЯ, ВЗАИМОДЕЙСТВУЮЩИХ С ЖИДКОСТЬЮ**

Запропоновано підхід до визначення напруженого та деформованого стану в оболонках обертання, що взаємодіють з рідиною, при динамічних навантаженнях. Вважається, що рідина ідеальна, нестислива, і її рух є потенційним. Для розв’язання задачі гідропружності використовується метод граничних інтегральних рівнянь. Розв’язання динамічних задач засновано на розкладанні шуканих функцій в ряди по власних формах коливань пружної оболонки в вакуумі. Проведено чисельні дослідження гідропружних коливань напівсферичної оболонки.

The universal method for strain-stress analysis of the shell-fluid interaction under dynamic loading is proposed. Liquid is considered as perfect incompressible inviscid, and its flow is irrotational. For the solution of the coupled problem the boundary integral equation method is used. The solution of dynamic problems is based on the method of series expansion by vibration own forms of elastic structure in air. The numerical analysis of a hemispherical shell filled fluid is presented.

Исследование динамического взаимодействия упругих конструкций с жидкостью представляет достаточно сложную проблему, решению которой посвящена обширная литература [1-4]. Актуальность данной проблемы связана с широким применением конструкций, содержащих полости с жидкостью, в