



УДК 621.74

Поступила 26.01.2016

## ПЕСКОДУВНЫЙ ПРОЦЕСС – РЕТРОСПЕКТИВА И СОВРЕМЕННЫЙ УРОВЕНЬ

### AIR-SAND BLOWING PROCESS – A RETROSPECTIVE AND CURRENT STATE

Г. И. ПАСЮК, А. П. МЕЛЬНИКОВ, А. В. ПАШКЕВИЧ, А. В. ЧЕРАПОВИЧ, В. В. ФОНОВ,  
ОАО «БЕЛНИИЛИТ», г. Минск, Беларусь, ул. Машиностроителей, 28. E-mail: belniilit@gmail.com

G. I. PASYUK, A. P. MELNIKOV, A. V. PASHKEVICH, A. V. CHERAPOVICH, V. V. FONOV,  
JSC BELNIILIT, Minsk, Belarus, 28, Mashinostroiteley str. E-mail: belniilit@gmail.com

*В статье приведена информация об исследованиях и конструкторских разработках в области пескодувного процесса и создания стержневых пескодувных машин, которые были выполнены в 50–60-х годах прошлого столетия. Названы научные центры и конкретные разработчики, выполнившие указанные работы.*

*Кратко изложена сущность пескодувного процесса и принципы реализации его в стержневых машинах с помощью разработки конструкций и самих машин, выполненных специалистами НИИЛИТАВТОПРОМА (ОАО «БЕЛНИИЛИТ»).*

*Приведены основные соотношения площадей между элементами системы пескодувных устройств, основные правила и рекомендации при проектировании и освоении стержневых машин и оснастки к ним. Показаны ретроспектива развития и совершенствования конструкторских решений пескодувного процесса, сущность и современное конструкторское решение безгильзового варианта пескодувного процесса. Приведены типовые стержневые машины для изготовления стержней в нагреваемые оснастки и с продувкой аминами, системы пескодувных устройств, узла прижима/надува/выхлопа и спецконструкции безгильзового варианта пескодувного процесса.*

*Обозначен принцип рационального совмещения пескодувного процесса и процесса продувки в современных продувочных технологиях. Показана современная тенденция перехода на компьютерное проектирование системы пескодувных устройств и ее элементов (расчетных сечений надува, вент и др.).*

*Information on researches and design development in the field of air-sand blowing process and creation of core-blowing installations which were carried out in 1950–1960 is provided in the article. The reference is made to the scientific centers and concrete design engineers who performed the specified activities.*

*The essence of air-sand blowing process and the principles of its realization in core-making machines by design development and manufacture executed by the experts of NIILITAVTOPROMA (JSC BELNIILIT) is briefly stated.*

*The main ratios of the areas between elements of system the sand-blowing installation systems, the basic rules and recommendations for design and manufacture of core-making machines and equipment for them are made. The retrospective of development and improvement of design solutions of air-sand blowing process is laid out. The essence and the modern design solution of caseless option of air-sand blowing process is stated. Illustrations of standard core-making machines for production of cores in the heated equipment and with amines blow are given. Systems the air-blowing devices, hold-down unit for blast and discharge and a special design of caseless option of sand-blowing process are described.*

*The principle of rational combination of air-blowing process and process of a purging in modern blowing technologies is designated. The current trend of transition to computer design of system the air-blowing devices and its elements is shown (reference sections for boost, ventilation, etc.).*

**Ключевые слова.** Пескодувный процесс, система пескодувных устройств, пескодувные машины, надув, выхлоп, сжатый воздух, стержневой ящик, пескодувный резервуар, гильза, безгильзовый вариант, венты, пескодувные сопла, исследования, разработка, конструкции, стержневая смесь, уплотнение, программы.

**Keywords.** Air-sand blowing process, system of the air-sand blowing devices, air-sand blowing installations, boost, an exhaust, compressed air, core box, the air-sand blowing tank, case, caseless option, venta, air-sand blowing nozzles, researches, development, designs, core mix, consolidation, programs.

#### Краткий очерк истории

50–60-е годы прошлого столетия характеризуются стремительным переходом с ручного на механизированное изготовление литейных песчаных стержней в цехах с серийным и массовым характером произ-

водства. Переход этот был осуществлен в результате исследований и разработки пескодувного процесса, на базе которого были созданы конструкции пескодувных стержневых машин, поставленные в дальнейшем на серийное изготовление.

Наиболее глубокие исследования пескодувного процесса были выполнены в ведущих научных центрах бывшего СССР (кафедра «Машины и технологии литейного производства» МАМИ, ВНИИЛИТМАШ, НИИТАвтопром, МВТУ им. Баумана, ЦНИИТМАШ, НИИСТ и др.) под руководством московской школы ученых во главе с П. Н. Аксеновым и его последователями – Г. М. Орловым и Б. В. Рабиновичем [1]. В те годы сформировалась целая плеяда талантливых исследователей и разработчиков пескодувного процесса, среди которых уместно отметить В. Л. Лесниченко, Б. З. Черняка, В. Г. Ракогона, А. С. Евсеева, А. Н. Неймарка, А. И. Ахтырскую, В. Д. Пепенко, А. С. Короленко, Р. В. Геллера, В. И. Поплавского и ряд других.

Параллельно с исследованиями в НИИ и на УРАЛАЗе проводились опытно-конструкторские работы с целью достижений оптимальных конструкторских решений и создания промышленных образцов стержневых и формовочных пескодувных машин. Следует отметить, что уже на начальной стадии экспериментально-исследовательских работ проводились проверки возможности применения пескодувного процесса для производства стержней как из смесей с высокой сырой прочностью (до 0,16 кг/см<sup>2</sup>) для последующей тепловой сушки, так и из других смесей (жидкостекольных и др.), в том числе хорошо текучих, а также для производства форм из песчано-глинистых смесей.

Можно с уверенностью сказать, что разработанные первыми советскими специалистами теоретические основы пескодувного процесса в совокупности с предложенными конструктивными решениями и по сей день используются ведущими мировыми производителями в разработках новых образцов оборудования.

Ряд созданных в те годы моделей пескодувных стержневых машин изготавливались серийно. Особенно хорошо зарекомендовали себя стержневые машины мод.305 и 2Б83 конструкции НИИТАвтопрома, предназначенные для изготовления мелких и средних стержней по тепловой сушке. Благодаря универсальности, простоте и надежности конструкции, широкому технологическому диапазону и удобству работы на них эти машины долгие годы успешно эксплуатировались в литейных цехах. Как пример удачной разработки, можно отметить серию стержневых пескодувных машин мод.28Б5, 28Б7 и 28Б9 с кантователями, созданных во ВНИИЛИТМАШЕ под руководством Г. С. Табурина для производства средних и крупных стержней массой до 100 кг из тяжелых песчано-глинистых смесей с высокой сырой прочностью. Эти машины эксплуатировались десятки лет и использовались как автономно совместно с кантователями, так и встраивались в автоматизированные линии (ОАО «МТЗ» и Купянский литейный завод).

В 1962 г. издательством «Машгиз» была выпущена книга канд. техн. наук В. Г. Ракогона «Теория и практика изготовления стержней пескодувным способом», которая тут же стала и до настоящего времени является одним из лучших пособий для инженеров-разработчиков и инженеров-практиков в области производства литейных песчаных стержней [2].

В 1965 г. инженерами Р. В. Геллером и В. И. Поплавским пескодувный процесс впервые был снят на киноленту в динамике, что позволило сделать более глубокие выводы о кинетике истечения и уплотнения смеси пескодувным способом [3].

В рамках данной статьи не ставилась цель проведения глубокого анализа и систематизации множества методик исследований, а также хронологии развития и совершенствования конструктивных элементов пескодувных систем в стержневых машинах.

Несмотря на некоторые несоответствия достигнутых в различных исследованиях результатов, являющиеся следствием разницы методик и качества исследований, в целом были изучены и установлены основные параметры и закономерности пескодувного процесса.

В 1957 г. в г. Минске был образован Минский филиал НИИТАвтопром (в дальнейшем НИИЛИТАвтопром, с 1993 г. – Институт «БЕЛНИИЛИТ», в настоящее время – ОАО «БЕЛНИИЛИТ») и ему была функционально передана специализация в области разработки техпроцессов и оборудования для производства стержней.

Специализация института на создании стержневых пескодувных машин потребовала от сотрудников глубокого досконального анализа достигнутых результатов базовых исследований в области пескодувного процесса и конструкторских наработок других коллективов с целью накопления собственного опыта и дальнейшего совершенствования конструкторских решений по реализации пескодувного процесса

в своих стержневых машинах [2, 3]. В результате в институте сформировалась передовая школа специалистов-разработчиков (исследователей и конструкторов), которыми были разработаны техпроцесс и типоразмерный ряд пескодувных стержневых машин для изготовления литейных песчаных стержней массой от нескольких грамм до 100 кг в нагреваемой оснастке (табл. 1) [2–5].

Таблица 1. Технические характеристики машин для изготовления литейных стержней, отверждаемых в нагреваемой оснастке

Наименование параметра	Модель машины					
	4758A2Э1	4752A2Э1	4753A2Э1	4749A1Э1	4753A1Э1	4748
Максимальная масса стержня, кг	6,0	12,0	30,0	6,0	25,0	25,0
Размеры стержневого ящика, мм	400×320×200	580×480×240	900×450×290	400×320×200	900×350×320	700×680×360
Разъем стержневого ящика	Горизонтальный			Вертикальный		
Нагрев стержневого ящика	Электрический					
Расход энергоносителей, кВт	15	58	60	15	60	86,5
Продолжительность цикла, с	22,0	28,0	30,0	18,0	30,0	30,0
Расход воздуха на цикл, м <sup>3</sup>	0,25	0,25	0,30	0,25	0,30	0,45
Габаритные размеры, мм	1850× 1590×2692	3875× 3195×3728	4865× 3040×4126	1850× 1590×2660	4495× 3520×3705	4120× 3520×2920
Масса машины, т	2,5	5,15	9,5	2,7	7,0	6,9

По чертежам института было изготовлено около 3000 стержневых машин, процесс был внедрен практически во все литейные цехи СССР с крупносерийным и массовым характером производства<sup>1</sup>.

Традиции школы сохранились и на новом витке развития стержневых технологий и пескодувных стержневых машин. За последние 17 лет усилиями специалистов ОАО «БЕЛНИИЛИТ» разработан современный техпроцесс производства стержней из холоднотвердеющих смесей (ХТС) с продувкой газобразными катализаторами аминной группы (Амин-процесс) и создан типоразмерный ряд пескодувных стержневых машин для производства стержней массой от нескольких сот граммов до 200 кг по Амин-процессу (табл. 2) [6].

Таблица 2. Технические характеристики машин для изготовления литейных стержней, отверждаемых в ненагреваемой оснастке

Наименование параметра	Модель машины							
	4749Б1К2	4751Б1К2	4753Б1К1	4752Б2К1	4747У2(3)Б2К1	4760УБ2К1	4768Б2К1	4785Б2К1
Максимальная масса стержня за 1 надув, кг	6	8	30	25	90	200	130	100
Производительность, съёмов/ч	60–80	60–80	40–50	40–50	25–35	20–30	20–30	20–30
Разъем ящика	Вертикальный				Горизонтальный			
Размеры стержневого ящика, мм	400×320× 200	540× 320×200	900× 350×260	580× 580×210	1020×850×385 (1120× 850×385)	1565× 1180×550	1120× 930×580	1120/880× 850/770× 355/315
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /ч	12	15	30	22	35	45	45	35
Установленная мощность, кВт	5	5–9	17	11	19	19	18,4	19
Масса машины, кг	3200	5000	12000	9000	17500	22000	15150	16000
Габаритные размеры, мм	1850× 1590×2660	2260× 2684×3043	4495× 3520×3700	5800× 4500×3200	5720× 5900×4240	8180× 7500×5230	7700× 7500×5900	5500× 6000×3500

По техническому уровню созданные машины конкурируют с оборудованием лучших фирм мира («Лемпе», Германия, «Нанива», Япония, «Лораменди», Испания и др.) и успешно эксплуатируются в странах СНГ<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> В работах принимали участие Н. С. Клебанов, Г. И. Бобряков, З. Н. Войтович, В. Г. Басс, Б. В. Куракевич, Ю. В. Лебедев, Г. И. Пасюк, Г. А. Кондратеня, С. П. Тягнирядно, Т. С. Милеева, С. И. Кресик, В. П. Стасюк, А. А. Орешко, В. Д. Кузнецов, Л. Р. Сысоева, Ю. М. Клиот, Н. Я. Фунштейн, В. Н. Швецов, В. П. Булыга, Г. В. Просьяник, В. В. Заремба, В. М. Танчик, В. В. Мозолевский, В. Ш. Корнблум и др.

<sup>2</sup> В работах принимали участие Б. В. Куракевич, Ю. В. Лебедев, Г. И. Пасюк, В. В. Заремба, Г. А. Кондратеня, З. Н. Войтович, Т. С. Милеева, А. А. Орешко, В. Д. Кузнецов, Л. Р. Сысоева, В. Н. Швецов, В. П. Булыга, А. М. Клиновский, В. М. Танчик, В. В. Мозолевский, В. Ш. Корнблум, Д. А. Кудин, А. В. Пашкевич, А. В. Черпапович и др.

### Сущность пескодувного процесса и его реализация в пескодувных машинах

Следует отметить, что современные средства автоматики позволяют обеспечивать регулировку времени надува в широких пределах (от десятых долей секунды до нескольких секунд). Учитывая это, а также скоротечность пескодувного процесса, современные представления о существовавшем много лет разделении процессов на пескодувный и пескострельный, а стержневых машин на пескодувные и пескострельные дают основание полагать, что такое разделение было необоснованным и искусственным, тем более, что в основе того и другого варианта используется кинетическая энергия сжатого воздуха.

Так как пескодувный процесс базируется на использовании кинетической энергии сжатого воздуха, перед конструкторами-разработчиками стержневых машин стоит задача создать внутри машины систему герметичных устройств, обеспечивающую проход сжатого воздуха через аккумулятор стержневой смеси, ее захват сжатым воздухом и транспортировку потока смеси с максимальной скоростью в стержневую оснастку с целью достижения технологически необходимой плотности стержня. Для сравнения плотность насыпной смеси составляет 1,15–1,2 г/см<sup>3</sup>, предварительно уплотненной смеси в пескодувном резервуаре – 1,3–1,35, окончательно уплотненной смеси в стержневой оснастке (стержне) – 1,45–1,5 г/см<sup>3</sup>.

Кратко можно сформулировать сущность пескодувного процесса следующим образом: пескодувный процесс в стержневой машине – это процесс, осуществляющий за счет энергии сжатого воздуха скоростную транспортировку смеси из пескодувного резервуара в стержневую оснастку и обеспечение ее необходимой плотности в сформированном стержне. Поскольку скорость потока сжатого воздуха составляет 12–16 м/с, а путь потока не более 2 м, пескодувный процесс очень скоротечен.

Пескодувный процесс в стержневой машине реализуется посредством системы пескодувных устройств (рис. 1), которая включает в себя: 1 – накопитель сжатого воздуха (в дальнейшем ресивер); 2 – клапан надува, при открывании которого сжатый воздух поступает в систему; 3 – аккумулятор-накопитель стержневой смеси (в дальнейшем пескодувный резервуар); 4 – переходную емкость, связывающую пескодувный резервуар со стержневой оснасткой (в дальнейшем насадок), предназначенную для накопления смеси и ее равномерного распределения по всей площади оснастки; 5 – надувную плиту с надувными соплами, предназначенными для замыкания всех элементов пескодувных устройств в единую герметичную систему и непосредственного вдува смеси в стержневую оснастку; 6 – венты, вмонтированные в стержневую оснастку, предназначенные для свободного выхода из оснастки сжатого воздуха, передавшего свою кинетическую энергию смеси для заполнения формообразующих полостей оснастки и достижения необходимой степени уплотнения; 7 – клапан выхлопа, который срабатывает после заполнения оснастки смесью и обеспечивает разгерметизацию системы пескодувных устройств (ускорение сброса излишков сжатого воздуха).

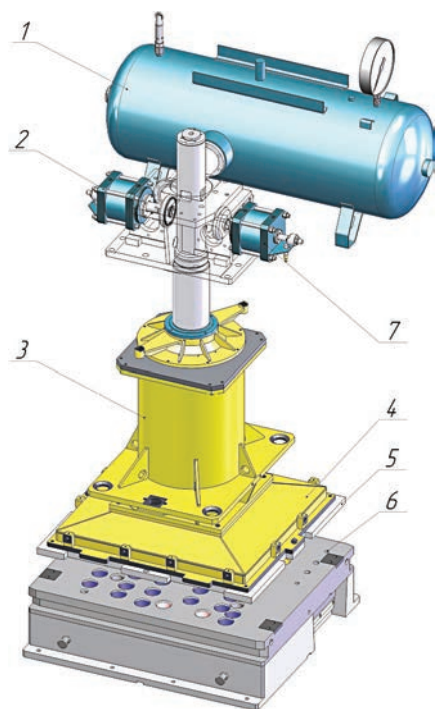


Рис. 1. Система пескодувных устройств  
ОАО «БЕЛНИИЛИТ»

Таким образом, систему пескодувных устройств в течение всего времени вдува смеси можно рассматривать как герметично замкнутую трубу переменного сечения, начинающуюся с ресивера и заканчивающуюся вентами, через которые осуществляется свободный выход сжатого воздуха в атмосферу. Необходимо отметить, что надувная плита с соплами и стержневой ящик с вентами являются элементами оснастки и входят в состав проектного решения по каждому комплекту оснастки, а все остальные элементы пескодувных устройств – в состав узлов стержневой машины.

Исходя из изложенного, конструкторам стержневой машины необходимо обеспечить достаточную механическую прочность и эксплуатационную надежность всех элементов системы пескодувных устройств и их герметизацию под воздействием давления сжатого воздуха не менее 6 атм, загрузку пескодувного резервуара стержневой смесью после каждого надува; циклическое передвижение (транспортировку) пескодувного резервуара с позиции загрузки на позицию надува и обратно (либо других узлов под неподвижный песко-

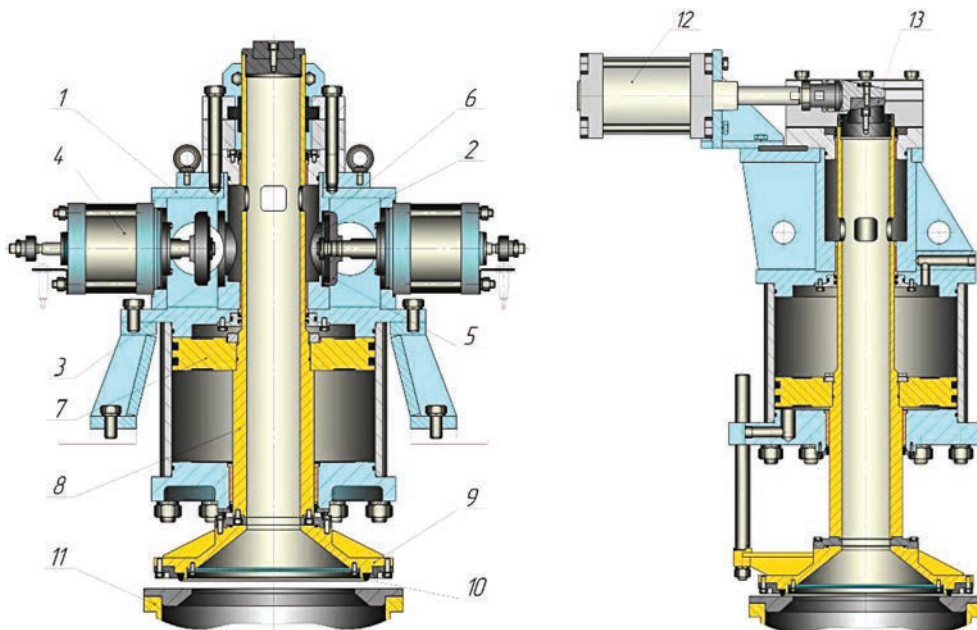


Рис. 2. Механизм прижима-надува-выхлопа

дувный резервуар); герметичную стыковку (замыкание) всех элементов с учетом усилий давления сжатого воздуха не менее 6 атм; качественное заполнение оснастки смесью (вдув); сброс из системы избыточного воздуха (выхлоп) после окончания вдува, обеспечив соответствующие временные задержки до и после вдува с целью предотвращения выброса смеси за пределы замкнутой системы; размыкание системы пескодувных устройств с целью подготовки следующих по циклу операций (отверждение смеси, извлечение стержня, заполнение пескодувного резервуара смесью, передвижение узлов и др.).

В современных стержневых машинах в течение одного цикла пескодувного процесса последовательно выполняются следующие операции: сборка и замыкание всех элементов системы пескодувных устройств (в том числе заполненного стержневой смесью пескодувного резервуара) в единую герметичную систему – 2–5 с; открытие клапана надува и заполнение стержневого ящика – 1–3 с; закрытие клапана надува, открытие клапана выхлопа и выпуск сжатого воздуха из системы в атмосферу – 1–3 с; разжим элементов системы и приведение их в исходное состояние для продолжения последующих операций на машине – 3–5 с. Все операции по осуществлению пескодувного процесса автоматизированы и завязаны на общую систему управления стержневой машиной.

Весь комплекс операций по осуществлению пескодувного процесса в современных стержневых машинах выполняется с помощью достаточно сложного и в то же время эксплуатационно надежного механизма прижима-надува-выхлопа (рис. 2), который состоит из корпуса 1, где имеются отверстия для надува 2 и выхлопа 3, специальных цилиндров 4 притычного действия с металлическими пластинами 5 на штоках и резиновыми уплотнениями 6 на пластинах для обеспечения герметизации надува и выхлопа, цилиндра прижима 7, на штоке 8 которого смонтировано прижимное устройство 9 с уплотнением 10 для герметичного смыкания с пескодувным резервуаром 11 и запирающего цилиндра 12 с заклинивающим устройством 13, предотвращающим отскок прижимного устройства от пескодувного резервуара и разгерметизацию системы в момент надува [6]. При этом внутреннее сечение пустотелого штока цилиндра прижима является расчетным и фигурирует как сечение клапана надува при расчете соотношения сечений между элементами системы пескодувных устройств.

### **Основные соотношения площадей между элементами системы пескодувных устройств.**

#### **Основные правила и рекомендации при проектировании и освоении машин и каждого комплекта оснастки**

Основными параметрами стержневой машины, влияющими на ее типоразмер, являются объем пескодувного резервуара и размеры стержневого ящика. Первый параметр определяется по ГОСТ 8907-87. Второй пропорционален массе разового вдува уплотненной смеси и соответствует габаритам насадка. Габариты насадка не должны превышать более чем в 3 раза диаметр пескодувного резервуара. При этом следует учитывать, что гарантированная масса надуваемых на машине стержней составляет порядка  $2/3$

объема уплотненной в пескодувном резервуаре смеси. Объем ресивера должен превышать объем пескодувного резервуара не менее чем в 3 раза, но не более чем в 8 раз.

Сопоставительный анализ конструкций пескодувных резервуаров в стержневых машинах различных фирм («Нанива», Япония, «Лемпе», Германия, ОАО «БЕЛНИИЛИТ», Беларусь, «ИМФ», Италия) показывает, что соотношение габаритных размеров (отношение высоты пескодувного резервуара к его внутреннему диаметру) колеблется в широких пределах (от 1,1 до 3,0). Однако опыт эксплуатации оборудования указанных выше производителей свидетельствует о том, что данное соотношение существенно не влияет на качественные результаты пескодувного процесса (плотность стержня). Это позволяет сделать вывод, что данное соотношение зависит от требуемых параметров машины (объем изготавливаемого стержня) и конструкции системы надува.

Основным фактором, влияющим на качество пескодувного процесса, является соотношение суммарных проходных площадей сечения клапана надува, надувных сопел и вент в стержневом ящике. Исследованиями и практическим опытом установлена следующая закономерность: соотношение суммарных площадей сечения клапана надува, надувных сопел и вент в стержневом ящике должно соответствовать  $F_{\text{кл}}/F_{\text{соп}}/F_{\text{вент}} = 1/1,1/1,2$ . Такое соотношение обеспечивает максимальное ускорение потока стержневой смеси (максимальное увеличение кинетической энергии) и максимальное уплотнение смеси в стержневом ящике.

Необходимо обеспечить установку вент по всей рабочей полости стержневого ящика с учетом наличия в ней глубоких «карманов» и недопущения рыхлых, недостаточно уплотненных мест в стержне. «Рыхлоты» в стержнях объясняются образованием в отдельных полостях ящика воздушных «пробок» с избыточным давлением, вызываемых недостатком вент и препятствующих «затягиванию» потока смеси в эти полости (так как в пескодувном процессе поток сжатого воздуха на доли секунды опережает поток смеси), а также недостаточной вентиляцией наиболее удаленных от пескодувного резервуара зонах стержневого ящика, в которых мощность потока смеси в процессе надува ниже чем в центральной зоне ящика. Наличие «рыхлот» при первых испытаниях оснастки говорит о неточности расчетных параметров и устраняется установкой дополнительных вент или изменением режима пескодувного процесса (регулировкой давления воздуха в ресивере, времени надува, изменением количества и/или сечения сопел и др.), что удлиняет процесс пусконаладочных работ. Желательно применять самоочищающиеся венты. Проходное сечение вент определяется техническими условиями, наружный диаметр вент составляет 6, 9, 12, 15 и 20 мм. В процессе эксплуатации венты периодически подвергаются очистке и замене по мере износа.

В современных проектных решениях комплектов оснастки применяются надувные сопла с резиновыми наконечниками с проходными сечениями диаметром 9, 12, 15 и 20 мм. Для надува крупных стержней применяются сопла с проходными сечениями 15 и 20 мм. При этом следует учитывать, что через каждое из этих сопел вбрасывается в стержневой ящик в процессе надува от 3 до 5 кг смеси.

Иногда при испытаниях новых комплектов оснастки в нижней части пескодувного резервуара стержневой машины образуются так называемые «кратеры», т. е. пустые пространства. При этом происходит некачественный надув стержней и образуются также пустоты в ряде сопел. Причиной этого является серьезная ошибка разработчиков при проектировании оснастки, нарушающая режим пескодувного процесса, в результате чего возникает возвратный поток воздуха из стержневого ящика в пескодувный резервуар из-за недостатка вентиляции в ящике. Устраняется данное явление путем снижения давления воздуха в ресивере и установкой дополнительной вентиляции в стержневом ящике.

В пескодувных стержневых машинах с массой получаемых стержней от 30 кг и выше первый момент вдува может сопровождаться мощным ударом потока смеси в полость стержневого ящика. При этом ударная нагрузка передается на опорную конструкцию, основание машины и пол цеха. Этот негативный фактор необходимо учитывать при разработке проектов фундаментов под стержневые машины. При размещении машин на втором этаже цеха желательно применять в фундаментах амортизационные «подушки».

### Развитие конструкторских решений пескодувного процесса

В первых конструкциях стержневых машин применялись диафрагменные клапаны надува-выхлопа, рабочим элементом которых являлась диафрагма, изготавливаемая из прорезиненной ткани. Однако в силу воздействия на диафрагму знакопеременных нагрузок сжатого воздуха (в одну сторону при надуве и в противоположную при выхлопе) происходил быстрый износ и разрыв диафрагмы. Замена вышед-

шей из строя диафрагмы требовала длительной остановки стержневой машины, что резко снижало ее производительность и нарушало производственный цикл. Этот существенный недостаток вынудил конструкторов искать принципиально новые конструкторские решения клапана надува-выхлопа. В результате была разработана надежная в эксплуатации специальная конструкция, получившая в итоге совершенствования название «механизм прижима-надува-выхлопа» (описан выше), который стал основной составной частью системы пескодувных устройств. Именно этот механизм исполняет все функции пескодувного процесса (подготовительные и основные операции), в частности, замыкание всех пескодувных устройств в единую герметичную систему, выпуск сжатого воздуха из ресивера в систему и вдув смеси в стержневой ящик, заполнение ящика смесью и уплотнение ее, закрытие клапана надува, открытие клапана выхлопа с целью сброса избыточного давления воздуха из системы и выравнивания его с атмосферным давлением, размыкание устройств системы и приведение их в исходное состояние.

Одной из серьезных проблем пескодувного процесса уже после создания вышеописанного механизма прижима-надува-выхлопа оставалась проблема предотвращения попадания стержневой смеси («затягивания») во внутрь конструкции механизма прижима-надува-выхлопа при сбросе остаточного давления из системы после окончания надува и открытия клапана выхлопа. В течение ряда лет эту проблему пытались решить путем установки в пескодувный резервуар тонкостенной металлической или пластмассовой гильзы (фирма «Лемпе») цилиндрической формы, которую встраивали заподлицо с торцами пескодувного резервуара и оснащали резиновыми уплотнениями. При этом сжатый воздух подавался в зазор между наружными стенками гильзы и внутренними стенками пескодувного резервуара через два отверстия, расположенные напротив зазора на специальной пластине, закрывающей вкруговую торец пескодувного резервуара. Для прохождения сжатого воздуха в пескодувный резервуар в гильзе фрезеровали щели сечением не более 0,15–0,2 мм или засверливали отверстия и монтировали в них венты (поздняя стадия конструкции гильзы). Оба варианта очень трудоемкие и дорогостоящие. Позднее гильзу с засверленными в ней отверстиями начали обвязывать металлической сеткой из нержавеющей стали с ячейкой не более 0,2 мм. Однако во всех трех вариантах мелкие фракции смеси и связующие вместе с ними «затягивались» в зазор между гильзой и пескодувным резервуаром при выхлопе из системы остаточного сжатого воздуха, спрессовывались в зазоре в твердый монолит, накапливались в нем доверху и даже проникали в механизм прижима-надува-выхлопа. Сетка напротив отверстий гильзы разрушалась от абразивного износа, а щели вент закрывались сгустками мелкой фракции песка, заполнялись связующими смеси и переставали работать. Кроме того, стержневая смесь попадала в зазор между пескодувным резервуаром и гильзой через отверстие вдува при зачистке лада пескодувного резервуара. В результате пескодувный процесс нарушался, требовалось частое извлечение гильз с помощью специального устройства с целью очистки пескодувного резервуара и восстановления работоспособности гильз, что негативно сказывалось на производительности и эксплуатационной надежности стержневых машин.

Таким образом, существовавший в тот период развития конструкторский вариант пескодувного процесса с гильзой внутри пескодувного резервуара в силу вышеописанных недостатков был далек от совершенства и настоятельно требовал нового решения.

### **Безгильзовый вариант пескодувного процесса**

В конце 80-х и начале 90-х годов прошлого столетия разработчиками ОАО «БЕЛНИИЛИТ» был предложен безгильзовый вариант надува и сброса после выхлопа остаточного воздуха из системы пескодувных устройств без попадания мелких фракций песка в систему пескодувных устройств (механизм прижима-надува-выхлопа) при выхлопе остаточного сжатого воздуха<sup>3</sup>.

Сущность предложенного варианта состоит в следующем. В прижимную плиту механизма прижима-надува-выхлопа были вмонтированы по две плоские цилиндрические пластины с засверленными в них многочисленными отверстиями диаметром 4–5 мм (количество отверстий в зависимости от типоразмера машины составляет от 500 до 1500 шт.). Между пластинами укладывается и зажимается сетка из нержавеющей стали с сечением ячейки не более 0,2 мм. Вдувные отверстия на верхней плите пескодувного резервуара, оформляющие его лад, закрываются, в плите остается большое отверстие, соответствующее по размеру внутреннему диаметру пескодувного резервуара, изменяется конструкция уплотнения на прижимной плите (рис. 3 до и после изменения конструкции).

<sup>3</sup> В работе принимали участие Г. А. Кондратеня, Г. И. Пасюк, В. В. Грабовский, А. В. Пашкевич, Б. В. Куракевич, А. А. Орешко, В. Д. Кузнецов, Ю. В. Лебедев, Н. Н. Романова, Н. Я. Фунштейн, Л. Р. Сысоева, В. П. Булыга и др.



Рис. 3. Конструкция уплотнений до (вверху) и после (внизу) изменения конструкции

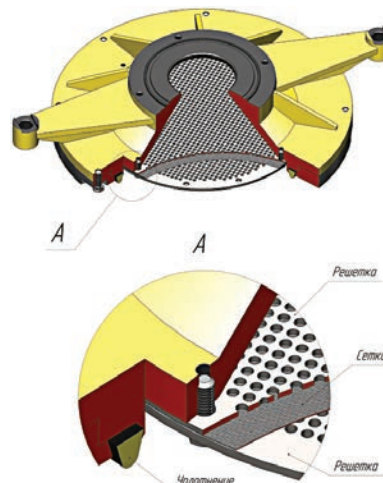


Рис. 4. Прижимная плита после изменения конструкции

Соответственно изменена конструкция прижимной плиты, а из пескодувного резервуара извлечена гильза. Таким образом, функцию гильзы в любом из трех ее исполнений стала осуществлять новая конструкция прижимной плиты (рис. 4), состоящая из двух пластин с отверстиями и зажатой между ними сетки из нержавеющей стали марки 12Х18Н9Т.

Благодаря этому конструкторскому решению был достигнут ряд преимуществ, в том числе:

- 1) исключено попадание мелких фракций стержневой смеси в механизм прижима-надува-выхлопа;
- 2) из конструкции стержневой машины исключена гильза, в результате чего резко снижены затраты времени на текущее обслуживание стержневых машин и затраты на дорогостоящие материалы (гильзу и сетку из нержавеющей стали);
- 3) кардинально повышен срок службы сетки на плите прижима в сопоставлении с гильзовым вариантом надува, например, на Минском тракторном заводе сетка на плите прижима эксплуатируется не менее двух лет;
- 4) улучшена эффективность пескодувного процесса благодаря прямому вводу воздуха без завихрений вокруг гильзы и соответственно усилению кинетической энергии воздушно-смесового потока внутри пескодувного резервуара;
- 5) за счет перевода зазора между гильзой и стенками пескодувного резервуара в полезный объем и исключению гильзы увеличен объем пескодувного резервуара на 15–20% и соответственно улучшена техническая характеристика машин конструкции ОАО «БЕЛНИИЛИТ» по массе надуваемых стержней относительно проектной.

Длительные производственные испытания разработанного безгильзового варианта пескодувного процесса подтвердили его преимущества и эксплуатационную надежность. В течение двух-трех лет по описанному выше варианту была произведена корректировка технической документации всех ранее созданных в ОАО «БЕЛНИИЛИТ» базовых моделей стержневых машин и дальнейший их выпуск осуществляется с безгильзовым вариантом пескодувного процесса.

В последние десятилетия в высокоразвитых странах, а также в Беларуси, России, Украине доминирующим техпроцессом изготовления стержней в крупносерийном и массовом производствах, а в последнее время с появлением возможности изготавливать относительно недорогую оснастку на ЧПУ с формообразующими из дерева и пластика и в мелкосерийном и единичном производствах стал применяться пескодувный процесс с отверждением стержней непосредственно в стержневом ящике продувкой аминами (Амин-процесс). Специалисты (разработчики и потребители технологии) столкнулись с некоторыми трудностями, вызванными тем, что существует противоречие между закономерностями пескодувного процесса и процессом продувки. Опытным путем в ОАО «БЕЛНИИЛИТ» установлено, что для устранения этого противоречия и оптимизации процессов надува и продувки при разработке проектных решений оснастки по вентиляции стержневого ящика необходимо отдавать предпочтение верхней вентиляции, т. е. суммарная площадь вентиляции верхней половины ящика должна превосходить суммарную площадь вентиляции нижней половины на 20–30% [6].



### Выводы

1. Поскольку пескодувный процесс на данном этапе развития является наиболее скоростным, энергетически наиболее экономичным и полностью автоматизированным, можно с уверенностью утверждать (предположить), что в обозримом будущем он будет доминировать в разработках современного стержневого оборудования и безусловно, будет совершенствоваться.

2. Безгильзовый вариант пескодувного процесса является одним из наиболее значимых последних достижений конструкторской мысли в области создания стержневых пескодувных машин.

3. В связи со сложностью инженерных задач по реализации пескодувного процесса и с целью упрощения расчетов по сечениям надува и продувки при разработке проектных решений оснастки специалистам необходимо разработать соответствующие программы (алгоритмы) расчетов под каждую базовую модель стержневой машины для обеспечения компьютерной обработки данных (компьютерного моделирования). В настоящее время специалистами уже разработаны программные пакеты, позволяющие с определенной долей достоверности проводить расчет проектируемой оснастки (подобно программам моделирования заливки) с заданием параметров надува и продувки.

### Литература

1. Л е с н и ч е н к о В. Д. Современные представления о пескодувном и пескострельном процессах // Литейное производство. 1961. № 8.
2. Р а к о г о н В. Г. Теория и практика изготовления стержней пескодувным способом. М.: Mashgiz, 1962.
3. Э н д р ю с. Техника оболочкового литья в США.
4. Г е л л е р Р. В., П о п л а в с к и й В. И. О рабочем процессе пескострельных стержневых машин // Литейное производство. 1965. № 9.
5. А х т ы р с к а я Т. И., П е п е н к о В. Д., Р а к о г о н В. Г. Рабочий процесс крупного пескодувного узла // Литейное машиностроение. 1975. № 1.
6. К у д и н Д. А., К у к у й Д. М., К у р а к е в и ч Б. В., М е л ь н и к о в А. П. Технология и оборудование для производства стержней методом Cold-box-amin. Минск: ООО «Новое знание», 2007.

### References

1. L e s n i c h e n k o V. D. Sovremennye predstavlenija o peskoduvnom i peskostrel'nom processah [Carrent notions on sand-blowing and sandblasting processes]. *Litejnoe proizvodstvo = Foundry*, 1961, no. 8.
2. R a k o g o n V. G. *Teorija i praktika izgotovlenija sterzhnej peskoduvnym sposobom* [Theory and practice of cores procluction by sand-blowing process]. Moscow, Mashgiz Publ., 1962.
3. G e l l e r R. V., P o p l a v s k i j V. I. O rabochem processe peskostrel'nyh sterzhnevyyh mashin [On operational process of sand-blowing core machines]. *Litejnoe proizvodstvo = Foundry*, 1965, no. 9.
4. Jendrjus. *Tehnika obolochkovogo lit'ja v SShA* [Technology of shell mold casting in the United States].
5. A h t y r s k a j a T. I., P e p e n k o V. D., R a k o g o n V. G. Rabochij process krupnogo peskoduvnogo uzla [Operational process of large air-sand blowing installation]. *Litejnoe mashinostroenie = Foundry engineering*, 1975, no. 1.
6. K u d i n D. A., K u k u j D. M., K u r a k e v i c h B. V., M e l ' n i k o v A. P. *Tehnologija i oborudovanie dlja proizvodstva sterzhnej metodom Cold-box-amin* [Technology and equipment for manufacture of cores by Cold-box-amin process]. Minsk, ООО «Novoe znanie Publ.», 2007.