

**Российская инженерная академия**  
**Московский государственный университет путей сообщения (МИИТ)**  
**Камский институт гуманитарных и инженерных технологий (КИГИТ)**

**Б.В. Гусев**

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ  
ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ  
СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА**

**МОНОГРАФИЯ**

**Издание 2-е дополненное**

Ижевск 2015

УДК 666.97  
ББК 38.53я73  
Г 96

**Гусев Б.В.**

Г 96 Автоматизированные технологические линии по производству сборного железобетона. Ижевск: Издательский дом «КИТ», 2015. 70 с.

**ISBN 978-5-902352-55-6**

© Гусев Б.В., 2015

© Издательский дом «КИТ», 2015

## ВВЕДЕНИЕ

Автор, начиная с конца 60-х годов XX века, активно работал по различным направлениям в технологии бетона и железобетона, особенно над проблемами прочности бетона, как композиционного материала. В начале 70-х годов были начаты работы по вибрационному уплотнению бетонных смесей, вопросам механо-химической активации бетонной смеси, проблемам ускорения твердения бетонных смесей. В промышленности сборного железобетона были разработаны и нашли широкое применение низкочастотные режимы вибрации, в том числе ударно-вибрационное оборудование. Это позволило создать концепцию непрерывного технологического потока по производству железобетонных изделий широкой номенклатуры и начать работы по автоматизации технологических процессов для наиболее массовой номенклатуры изделий.

Автоматизация наиболее эффективна на предприятиях с непрерывными технологическими процессами. Она значительно уменьшает влияние субъективных факторов на технологический процесс и дает возможность достигнуть более ритмичной и высокопроизводительной работы. Автоматизация технологических процессов при производстве железобетонных изделий и конструкций должна обеспечивать:

- снижение затрат сырья, электроэнергии, топлива, воды и других материалов;
- безопасность труда и улучшение условий работы обслуживающего персонала;
- сокращение количества персонала, непосредственно занятого в сфере производства и управления;
- улучшение качества выпускаемой продукции.

Именно в этом направлении велись работы ведущих научно-исследовательских, проектных, конструкторских и производственных организаций при разработке автоматизированных технологических линий. В настоящей работе анализируются основные тенденции в создании автоматизированных линий, приводятся технические решения конкретных линий, обобщается производственный опыт их эксплуатации.

После создания технологической платформы по техническому перевооружению отрасли сборного железобетона рядом научно-исследовательских и проектных институтов под руководством автора – руководителя лаборатории Совершенствования заводской технологии сборного железобетона НИИ бетона и железобетона Госстроя

СССР были начаты работы по созданию автоматизированных линий по производству массовых видов изделий с производительностью более 20 тыс. м<sup>3</sup>.

Книга будет полезна научным работникам в области технологии бетона и железобетона, инженерам проектных организаций, а также аспирантам и студентам строительных специальностей.

## **ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ:**

- Госстрой СССР - Государственный комитет СССР по делам строительства
- Госстрой БССР - Государственный комитет Белорусской ССР
- Госстрой УССР - Государственный комитет Украинской ССР
- Минстрой СССР - Министерство строительства СССР
- Минсевзапстрой СССР - Министерство строительства в северных и западных районах СССР
- Минуралсибстрой СССР - Министерство строительства в районах Урала и Западной Сибири СССР
- Минюгстрой СССР - Министерство строительства в южных регионах СССР
- Минвостокстрой СССР - Министерство строительства в восточных районах СССР
- Минстройдормаш СССР - Министерство монтажных и специальных строительных работ СССР
- Минтранстрой СССР - Министерство транспортного строительства СССР
- Минстройдормаш СССР - Министерство строительного и дорожного машиностроения СССР
- Минсельстрой СССР - Министерство сельского строительства СССР
- НПО - Научно-производственное объединение
- ПСО - Производственно-строительное объединение
- МГО - Межтерриториальное государственное объединение
- ПО - Производственное объединение
- КПП - Крупнопанельное предприятие
- ТП - Территориальное объединение строительных предприятий
- ППО - Производственно-промышленное объединение
- НИИЖБ - Научно-исследовательский институт по бетону и железобетону
- ВНИИжелезобетон - Всесоюзный научно-исследовательский институт по заводской технологии производства сборного железобетона
- ЦНИИЭПжилища - Центральный научно-исследовательский институт экспериментального проектирования жилища

- Гипростроммаш - Государственный проектный институт строительного машиностроения
- НИИСП - Научно-исследовательский институт строительного производства
- НИИЭС - Научно-исследовательский институт экономики в строительстве
- ГПКТИ - Государственный проектно-конструкторский технологический институт
- НИЛ ФХММ и ТП - Научно-исследовательская лаборатория физико-химической механики и технологических процессов
- ПИ - Проектный институт
- СКТБ - Специальное конструкторско-технологическое бюро
- СКБ - Специальное конструкторское бюро
- КБ - Конструкторское бюро
- ЭКБ - Экспериментальное конструкторское бюро
- НС - Наружные стеновые панели
- ВС - Внутренние стеновые панели
- БСУ - Бетоносмесительный узел
- МЛ - Механизированная линия
- Т.П., т.п. - Технологический проект
- СМЖ - Обозначение машин по производству сборного железобетона по классификации Минстройдормаша СССР
- МТМС - Механизированная технологическая машина для сварки.

# 1. ПРОИЗВОДСТВО СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА И РАСШИРЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ ВИДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЛИНИЙ

Промышленность сборного железобетона страны обеспечила к 1990 году выпуск 150 млн. м<sup>3</sup> конструкций и изделий, ее основные производственные фонды составили около 11 млрд руб. В производстве сборного железобетона ежегодно потреблялось около 50 млн т цемента, 9 млн т металла, 12 млн т условного топлива. Отрасль насчитывала около 6000 предприятий и более 1 млн чел. работающих [1].

Структура предприятий сборного железобетона по мощностям, тыс. м<sup>3</sup>/год:

до 20.....	15%
21-50 .....	20%
51-100.....	28%
св. 100.....	37%

Основной объем продукции (62,8) выпускался на предприятиях, мощность которых находилась в пределах 20-150 тыс.м<sup>3</sup>. При этом предусмотренный нормами технологического проектирования уровень использования мощности (94,3 %) достигли только около 30% предприятий строительных министерств. Непрерывно снижался уровень фондоотдачи, годовая выработка на 1 рабочего сохранялась на уровне чуть более 200 м<sup>3</sup>.

Структура применения основных технологических схем производства характеризовалась следующими показателями:

Технология производства	Общий объем,%
Поточно-агрегатная	55-58
Стендовая, кассетно-конвейерная	30
Конвейерная	12-15

Анализ показывает, что коэффициент использования основного оборудования на поточно-агрегатных и конвейерных линиях в технологическом цикле был крайне низок: для виброплощадок он составлял 25-30 % общей продолжительности ритма работы линий, для бе-

тоноукладчиков – 32-35 % общей продолжительности ритма работы линии, для заглаживающих машин – 34-38 %.

Это связано было с высокой долей ручного труда, применяемого при укладке и разравнивании бетонной смеси по форме, чистке и смазке форм, распалубке и т.д., что вместе с высоким уровнем шума при работе виброагрегатов и повышенной температурой у камер пропаривания и кассет делает труд рабочих социально непривлекательным.

В промышленности сборного железобетона эксплуатировалось более 3 млн т технологического оборудования, в том числе 2 млн т формы, на замену которых ежегодно расходовалось более 600 тыс. т стали. По данным НИИЭС возраст используемого оборудования составлял: до 5 лет – 36 %; от 5 до 10 лет – 26,9 %; от 10 до 15 лет – 13,8 % и более 15 лет – 23,1 %.

Создавшееся положение связано с недостаточно развитой промышленной базой, изготавливающей новое оборудование. Ее развитие отстало от темпов роста потребностей предприятий сборного железобетона. Так, например, дефицит сварочного оборудования, выпускаемого электротехнической промышленностью, вынуждал строительные министерства и отдельные предприятия отрасли проектировать и изготавливать несвойственные их профилю и техническим возможностям оборудование. Этот вопрос можно было решить, объединив усилия и средства отрасли – создав единую систему конструирования и выпуска оборудования на современной научно-технической базе. На предприятиях сборного железобетона было установлено более 51 тыс. ямных пропарочных камер, 900 автоматических и полуавтоматических и 370 туннельных пропарочных камер, большинство из которых использовалось неэффективно. При этом фактический расход пара превышал  $500 \text{ кг/м}^3$  бетона. На отдельных предприятиях отрасли расход энергии отличался в несколько раз. Такой диапазон расходов убедительно свидетельствовал о наличии имеющихся резервов снижения расхода топливно-энергетических ресурсов.

Ускорение научно-технического прогресса в промышленности сборного железобетона на ближайший период должно осуществляться по двум основным направлениям:

- реконструкции действующих предприятий с целью широкого внедрения прогрессивных технологических процессов, модернизации существующего оборудования и учета накопленного опыта организации работ передовых заводов отрасли;

- техническое перевооружение предприятий на основе внедрения высокомеханизированных и автоматизированных технологических линий.

При решении вопросов по частичной реконструкции необходимо было организовать на всех предприятиях сборного железобетона складирование химических добавок и введение их в бетонную смесь с применением автоматизированного оборудования. Это обеспечивало массовое внедрение суперпластификаторов и эффективных пластификаторов (С-3, Дофен, 10-03, 40-03, ЛСТМ-2, НИЛ-21) с целью повышения производительности труда, экономии цемента, увеличения срока службы оборудования и улучшения социальных условий труда. В арматурном производстве в массовом порядке проводили оснащение заводов сборного железобетона правильно-отрезными станками для резки и гибки арматуры, технологическими линиями по изготовлению плоских арматурных сеток, автоматизированными линиями стыковой сварки.

В последующем осуществили использование высокопроизводительных автоматизированных технологических линий с применением роботизированных модулей и манипуляторов по безотходной переработке арматурных сталей. Большую перспективу имели намоточные машины, поддающиеся полной автоматизации арматурных работ. Учитывая дефицит стали, необходимо было применить в массовом порядке формы прогрессивных конструкций: поддоны с раскосной решеткой и предварительно напряженные формы с трехточечной схемой опирания, с упруго работающими элементами и т.д. Целесообразно было увеличить объем применения неметаллических форм, в том числе железобетонных с полимерным рабочим слоем для изготовления изделий средне- и малосерийной номенклатуры, а также фасадных изделий с рельефом или сложного очертания. Реконструкцию формовочных постов производили с преимущественным применением низкочастотных виброплощадок, вибронасадок, вибровкладышей и виброформ. Следует отметить, что объем выпуска серийных виброплощадок не обеспечивал потребности предприятий сборного железобетона. Поэтому разработкой, изготовлением и внедрением их занимались многие строительные министерства, что существенно снижало продолжительность цикла формования, который за 10-15 лет практически не изменился и превышает средненормативный показатель на 15-20 %. Внедрение разрабатываемых Научно-исследовательским институтом бетона и железобетона Госстроя СССР (НИИЖБ) и Гипростроммашем виброплощадок с управляемым режимом позволит в дальнейшем уве-

личить производительность оборудования в 1,5 – 2 раза, снизить уровень шума до 85 дБА и удельную энергоемкость с 5 до 1,5 кВт·час/т.

В области тепловой обработки бетона целесообразно было расширить внедрение электротермообработки. Так, замена в кассетных формах пара электронагревательными устройствами обеспечивает прогрев изделий при расходе электроэнергии 60-70 кВт·ч на 1 м<sup>3</sup> бетона (1кВт·ч эквивалентен 864 ккал). Не менее эффективен электрообогрев бетона в камерах туннельного и щелевого типа, осуществляемый ТЭНами или трубчатостержневыми нагревателями, установленными на стенках камеры. Весьма прогрессивными видами теплоносителя являются аэрозольные системы с тонким измельчением пара в камерах тепловой обработки.

В регионах южнее 50° северной широты целесообразно было расширить применение гелиотехнологии, а в районах, где природный газ не является дефицитным топливом, весьма перспективна технология прогрева сборных железобетонных изделий в камерах продуктами его сгорания.

С целью повышения качества изделий необходимо было завершить оснащение предприятий сборного железобетона приборами и аппаратурой пооперационного и выходного контроля качества продукции. В перспективе разработать и осуществить серийный выпуск автоматизированных, в том числе на базе микропроцессорной техники, установок и систем контроля качества. Приоритетность направлений технического перевооружения связана с динамикой развития применения сборного железобетона в целом и по отдельным видам конструкций. Основную номенклатуру железобетонных изделий (около 100 млн. м<sup>3</sup>) составляют фундаментные блоки, элементы каркасов, внутренние и наружные стеновые панели и плиты перекрытий. Для изготовления этих элементов созданы и подлежат широкому внедрению автоматизированные и высокомеханизированные технологические линии с выработкой на 1 человека, превышающей среднюю выработку в 2,5-5 раз (500-1000м<sup>3</sup> на 1 чел. в год).

В табл. 1 приводятся технико-экономические показатели технологических линий и предлагаемые объемы их использования, в том числе, на перспективу.

Таблица 1

Технологическая линия и место внедрения первой линии	Технико-экономические показатели			
	1985	1990	Прогноз на 1995	
Автоматизированные роторно-конвейерные линии для фундаментальных блоков и стен подвалов, производительностью 20 тыс.м <sup>3</sup> в год, ПО «Укрводжелезобетон», г. Каховка	$\frac{3}{120}$	$\frac{10}{400}$	$\frac{20}{800}$	Снижение затрат в 3-5 раз, удельной металлоемкости в 2-3 раза, экономический эффект - до 5 руб/м <sup>3</sup>
Высокомеханизированные каскетно-конвейерные линии изготовления внутренних стеновых панелей, производительностью около 30 тыс.м <sup>3</sup> в год Минсевзапстроя, Минуралсибстроя, Минвостокстроя СССР	$\frac{4}{120}$	$\frac{40}{1200}$	$\frac{100}{3000}$	Снижение затрат в 2 и более раз, металлоемкости - в 3-4 раза, экономический эффект - 2,36 руб /м <sup>3</sup>
Конвейерные линии по производству стеновых панелей в горизонтальном положении, в том числе с использованием суперпластификаторов, ДСК-4,г. Москва	$\frac{1}{30}$	$\frac{10}{300}$	$\frac{20}{600}$	Снижение затрат в 2 раза, металлоемкости оборудования - в 3 раза экономический эффект - до 5 руб/м <sup>3</sup>
Линии по изготовлению плит перекрытий конвейерные, ЖБИ №6 ППО «Моспромстройматериалы»	$\frac{1}{90}$	$\frac{10}{900}$	$\frac{20}{1800}$	Снижение затрат в 2-1,5 раза, металлоемкости - в 1,5-2 раза, экономический эффект 2-3 руб/м <sup>3</sup>
полуконвейерные, МГО «Строммаш», серийно	$\frac{1}{40}$	$\frac{20}{800}$	$\frac{40}{1600}$	Экономический эффект 2-3 руб/м <sup>3</sup>
Конвейерные линии по изготовлению наружных стеновых панелей, в том числе и трехслойных типа ДСК-1 ПСО Мосстроя	$\frac{1}{40}$	$\frac{20}{800}$	$\frac{60}{2400}$	Снижение затрат в 1,5 раза, экономический эффект 1,5руб/м <sup>3</sup>

Конвейерные и стандовые линии элементов каркаса и плит на пролет на ЖБИ-18 ППО «Моспромстройматериалы», ЗЖБИ г. Бровиры	$\frac{1}{20}$	$\frac{20}{400}$	$\frac{60}{800}$	Снижение трудовых затрат в 1,5-2 раза, экономический эффект до 3 руб/м <sup>3</sup>
---	----------------	------------------	------------------	---

При реконструкции предприятий по производству многопустотных плит перекрытий необходимо было расширить освоение конвейерных линий производительностью 90 тыс. м<sup>3</sup>/год (при 3-х сменной работе), разработанных СКТБ ППО «Моспромстройматериалы» и внедренных на ЖБИ-6.

В настоящее время на предприятиях стройиндустрии получили распространение технологические конвейерные линии с поперечным расположением форм-вагонеток для производства панелей наружных стен (НС), перекрытий, комплексных покрытий, многопустотных перекрытий и др. Все линии расположены в пролетах 18 м длиной от 120 до 144 м. Большинство линий выполнено в двухъярусном исполнении.

Технологические линии в г. Омске выполнены в виде горизонтально-замкнутых конвейеров. При этом стоимость туннельных камер термообработки снижена в 3 раза (150 тыс. руб. против 450 тыс. руб. при двухъярусном исполнении). Благодаря увеличению числа технологических постов до 11-12 вместо 6-7 на технологических линиях с продольным расположением форм технологический режим сокращен от 25-30 до 18-20 мин. Получена возможность изготовления с этим ритмом многокомпонентных трехслойных и комплексных панелей. Значительно увеличена емкость туннельной камеры: одна камера с форкамерой заменяет 3-4 камеры, необходимые при продольном расположении форм. Производительность линии и съем продукции с 1 м<sup>2</sup> производственной площади при этом возрастает в 1,5-2,5 раза.

В работе [1] приводятся обобщения по передовым технологическим линиям при производстве сборного железобетона. Следует отметить, что высокая эффективность перевооружения промышленности сборного железобетона может быть достигнута только в результате применения новых технологий, обеспечивающих значительное снижение трудовых и материальных затрат и улучшение социальных условий труда.

## **2. НОВЫЕ КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ**

Эффективность любого промышленного производства, в том числе предприятий крупнопанельного домостроения, в значительной мере зависит от своевременного обновления активной части основных фондов, позволяющих реализовать возможности прогрессивных технологий. Модернизация производства осуществляется, как правило, в рамках технического перевооружения или реконструкции производства. Возможности технического перевооружения предприятий крупнопанельного домостроения (КПД) кроме ограниченности выбора высокопроизводительного оборудования часто сдерживаются архитектурно-планировочными и компоновочными технологическими решениями существующих заводов. В большинстве своем они построены по типовым проектам, которые разработаны более 10 - 15 лет назад и не отвечают современному и перспективному техническому уровню.

Каждый пролет рассчитан на определенное специализированное производство, такая специализация наряду с некоторыми преимуществами имеет и ряд серьезных недостатков:

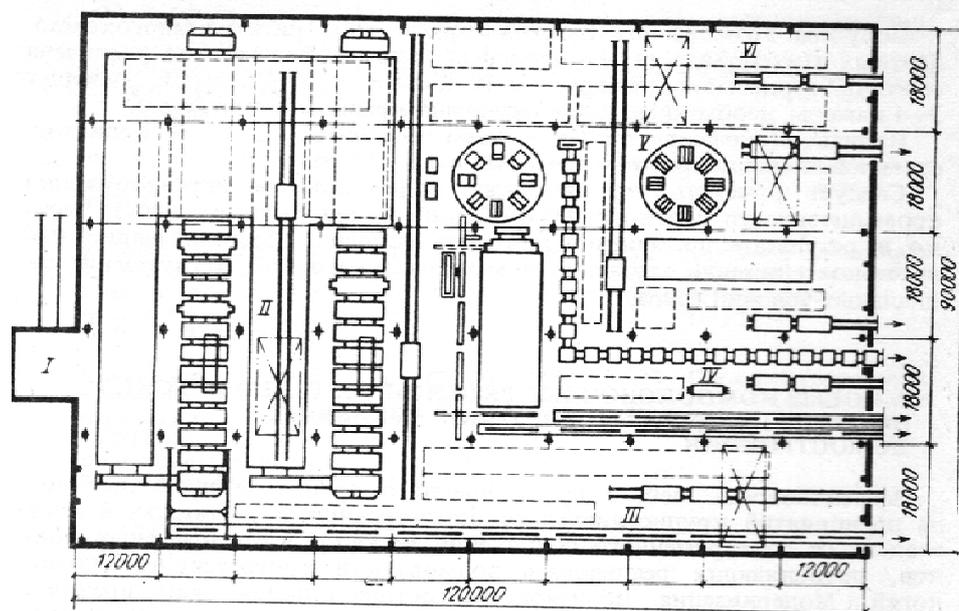
- протяженность технологических потоков не дифференцирована в зависимости от сложности изготовления того или иного вида изделий, так как ограничена длиной пролетов;

- недостаточно эффективно используются производственные площади («мертвые зоны» вдоль колонн), крановое оборудование и транспортные конвейеры;

- сложно решаются транспортные схемы движения материалов и комплектующих изделий, когда есть необходимость подать их во все пролеты. С точки зрения размещения оборудования и использования производственных площадей 18-метровый пролет является малоэффективным. Например, в случае параллельного размещения конвейера с поперечным расположением форм-вагонеток и камеры термообработки необходимо пролет увеличить до 24 м.

Следует отметить общий низкий уровень механизации и автоматизации технологических линий, разнотипность технологий и оборудования, обуславливающие недостаточную гибкость производства и высокие эксплуатационные расходы. По этой причине уровень проектных решений существующих предприятий КПД не может обеспе-

чить запланированного повышения таких технико-экономических показателей, как увеличение съема продукции с производственных площадей и рост производительности труда в 1,5-2 раза.



**Рис. 1. Компоновочные решения заводов нового поколения мощностью 200 тыс. м<sup>2</sup> общей площади в год**

**I - бетоносмесительный узел; II - производство наружных стеновых панелей; III - отделка и вывоз готовой продукции; IV - производство внутренних стеновых панелей и плит перекрытий; V - производство объемных блоков; VI - арматурное производство.**

Для решения этих задач необходим принципиально новый подход к компоновочным решениям предприятий КПД, а также разработка, внедрение новых и эффективных технологий и высокопроизводительного оборудования, т.е. систем оборудования, составляющих единый комплекс.

Творческим коллективом НИИЖБа и КТБ «Стройиндустрия» с участием КБ по железобетону им. А.Якушева и Проектного института № 2 во главе с автором книги были разработаны технические решения по заводам КПД нового поколения мощностью 200 и 400 тыс.м<sup>2</sup> общей площади в год (рис. 1).

Технологические решения предусматривают создание заводов КПД нового поколения годовой мощностью 200 и 400 тыс.м<sup>2</sup>, а также реконструкцию действующих предприятий, например, завода КПД по типовому проекту 409-13-11 на выпуск 200 тыс.м<sup>2</sup> изделий в год. Основной принцип проектируемых заводов заключается в совмещении транспортных потоков с технологическими, при котором транспорт-

но-технологические потоки по каждому виду изделий образуют совмещенные линии [2,3].

Производство массовых изделий, сложной комплектации и отделки, например, панелей наружных стен (НС), требующее большого числа технологических линий и постов, осуществляется по внешним, наиболее длинным потокам. По мере снижения сложности и многокомлектности изделий длина потока сокращается. Самые короткие потоки соответствуют стендовой технологии. Вместо 5 пролетов по 18 м имеется 12 специализированных. Обеспечивается высокая степень специализации технологических линий и потоков, а также возможность автоматизации технологических операций. Исключается присущая существующей технологии концентрация в одном пролете производства панелей НС, конвейеров формовки и отделки; транспортирование, промежуточное складирование и технологическая доработка бетона, арматуры, фактурных материалов, утеплителя, столярных изделий, подоконников и т.п., что является основной причиной снижения мощностей предприятий КЖД.

В предложениях применен ряд новых технологических решений, обеспечивающих качественный рост технико-экономических показателей:

- основная масса технологического оборудования и в частности формовочные конвейеры расположены в одном уровне с отметкой 0.00, чем обеспечивается мобильность реконструкции и надежность эксплуатации;

- туннельные камеры термообработки продлены под арматурное отделение и на их перекрытие внесены стенды для сборки каркасов непосредственно к постам укладки в формы;

- в качестве теплоносителя применяется аэрированная вода или кавитационный обогрев с температурой 90°C в замкнутом контуре, что исключает необходимость котельных, теплотрасс, канализации, возврата конденсата, в качестве источника энергии могут быть использованы природный газ, электроэнергия, термальные воды, гелиоисточники, пар;

- арматурные каркасы ВС и ПП выполняются методом непрерывной навивки, в том числе с предварительным натяжением;

- приняты формовочные конвейеры с поперечным расположением форм, что увеличивает количество постов и емкость камер;

- формы НС выполнены с подпружиненными бортами, что повышает качество изделий, увеличивает межремонтный срок форм бортоснастки;

- подача бетона осуществляется бетононасосами, что обеспечивает выигрыш производственных площадей до 15%, адресная подача керамзитобетона и фактурного слоя осуществляется тележками;

- для уплотнения бетона применена ударно-вибрационная установка проходного типа с горизонтальными колебаниями, с пониженным уровнем шума, что позволяет снизить установленную мощность и снизить металлоемкость форм;

- раскладка бетона осуществляется подвесными координатно-поворотными бетоноукладчиками;

- формование верхнего слоя осуществляется виброустановкой напорного контактного формования, обеспечивающей уплотнение и качество поверхности при скорости до 2 м в мин;

- в качестве утеплителя применена латексно-полистирольная композиция;

- для изготовления ВС и ПП применена кассетно-конвейерная линия с одностадийной термообработкой, позволяющая увеличить съем продукции с производственных площадей в 2,5-3 раза по сравнению с другими технологическими схемами;

- изготовление объемных элементов осуществляется на роторно-конвейерной линии.

Применение новых технических решений позволяет повысить производительность труда в 2,5 раза, съем с 1 м<sup>2</sup> в 2,5 раза, уменьшить капитальные вложения в 2 раза, обеспечивает освоение предприятиями 100%-й проектной мощности (табл. 2).

Таблица 2

Показатели	Заводы нового поколения		Завод по типовому проекту 409-13-8
	большой мощности	средней мощности	
Годовая программа, тыс. м <sup>2</sup> общей площади	400	200	120-160
" " , тыс.м <sup>3</sup>	271	141	108
Производственная площадь, м <sup>2</sup>	14100	8400	12400
Количество основных производственных рабочих, чел.	188	106	178
Масса технологического оборудования, т	3950	2600	2830
В том числе формы	2690	1680	2000

Капитальные вложения - всего, тыс. руб.	6246	-	-
В том числе:			
стоимость строительной части	2500	-	-
монтажных работ	405	-	-
оборудования	3341	-	-
Съем с 1 м <sup>2</sup> производственной площади, м <sup>3</sup>	19,2	17,3	8,7
Трудоемкость, $\frac{\text{ч.л.}}{\text{м}^3}$	1,4	1,46	3,3
Металлоемкость, кг/м <sup>3</sup>	14,5	17,9	26,2
В том числе по формам	10	11,5	18,5
Расход тепла при использовании, Гкал/м <sup>3</sup> :			
традиционных видов энергии	0,1	0,11	0,14
солнечной	0,077	0,08	-
Капитальные вложения на единицу мощности, руб/м <sup>2</sup>	15,62	-	27,28
Уровень рентабельности, %	15	-	-
Срок окупаемости, лет	5,7	-	-

НИИЖБ Госстроя СССР совместно с ВНИИЖелезобетоном, КБ по железобетону им. А.А. Якушева, Проектным институтом № 2 были также разработаны технические решения предприятий КПД мощностью 70 и 140 тыс.м<sup>2</sup> общей площади в год для изготовления изделий других систем. В основу технических решений положены новые подходы и принципы общих компоновочных решений заводского производства, технологических линий и оборудования:

- трехъярусный производственный корпус: 1 ярус (подъемный) - камера тепловой обработки, 2 ярус - формовочное производство, 3 ярус - арматурное производство;
- рациональная организация технологических потоков, переналадка форм и сокращение длины пролетов до 120 м;
- автоматизированная кассетно-конвейерная линия роторного типа для производства панелей внутренних стен;
- роторная линия производства санкабин и шахт лифтов;
- автоматизированная система приемки, хранения сырьевых материалов и приготовления бетонных смесей с адресной подачей и

применением предварительно разогретых смесей (в производстве панелей внутренних стен);

- роботизированные установки непрерывного армирования;

- формовочное оборудование, исключаящее ручной труд и повышающее качество изделий (виброплощадки с управляемыми параметрами, бетоноукладчики с распределительными устройствами, роторным метателем, низкочастотные установки вертикального формования с виброприводом многокомпонентных колебаний);

- применение подвижных смесей с суперпластификаторами в производстве трехслойных панелей наружных стен, объемных изделий, элементов добора;

- тепловая обработка масляным прогревом [2].

Главный корпус завода мощностью 140 тыс. м<sup>2</sup> представляет собой блок формовочных цехов из 5 пролетов 18x120 м, пристроенного бетоносмесительного цеха башенного типа, арматурного цеха на 2-м этаже над формовочными пролетами. Линия подачи бетона размещена над формовочным пролетом, что в сочетании с компоновочными решениями технологических линий позволило сократить длину пролетов до 120 м.

Существенные изменения вносятся в производства и подачу арматурных изделий к постам формовки. Арматурный цех шириной 30 м и длиной 72 м с участком комплектации расположен на отметке + 6 м производственного здания. Автоматизированный склад металла является продолжением арматурного цеха и оборудован краном-штабелером. При изготовлении арматурных изделий применено в основном серийное оборудование для заготовки и сварки арматурной стали по безотходной технологии. Кроме того, в состав оборудования включены автоматы для правки, резки и гнутья стержней, изготовления закладных деталей и др., широко применены пакетирование и контейнеризация изделий. Объем арматурных работ и количество оборудования уменьшены примерно на 50%, а производственная площадь в связи с применением навивки арматурных каркасов непосредственно на постах формования по сравнению с аналогом изменилась на 20%.

Необходимый запас арматурных изделий для формовочных пролетов находится на участке комплектации 2-го этажа. Готовые арматурные изделия подаются на технологические линии подвесным транспортом и с помощью манипуляторов непосредственно к постам сборки. В результате число рабочих, занятых в цехе, уменьшилось с 30 до 12 чел., что обеспечило снижение трудозатрат в 2,5 раза и создало резерв для увеличения объема арматурных работ.

В отличие от проекта завода на 140 тыс.м<sup>2</sup> для завода производственной мощностью 70 тыс. м<sup>2</sup> было принято решение заменить изготовление пустотных плит перекрытий на сплошные. Производство строительных конструкций на этом заводе организуется в таких пролетах:

- производство панелей внутренних стен и сплошных перекрытий на кассетно-конвейерной линии (аналог для завода мощностью 140 тыс. м<sup>2</sup>);

- производство наружных стеновых панелей на двухветвевой конвейерной линии, состоящей из 6 постов. Набор оборудования аналогичен конвейеру на 140 тыс. м<sup>2</sup>. В связи с увеличением ритма предусмотрено совмещение операций. Количество рабочих - 8 чел, в смену. В этом же пролете предусмотрено изготовление доборных изделий в спецформах с обслуживанием пятью рабочими;

- производство объемных элементов в стендовых формах и горизонтально-формуемых доборных изделий на полуконвейерной линии. Пролет обслуживают 20 чел;

- арматурный цех размером 30x54 м размещен на 2-м этаже. Технология изделий аналогична заводу 140 тыс. м<sup>2</sup>. Обслуживает цех 8 чел.

Реализация технических решений по заводу КПД мощностью 140-160 тыс. м<sup>2</sup> общей площади в год позволит:

- снизить трудозатраты и повысить производительность труда в 1,7- 2 раза;

- увеличить съем с 1 м<sup>2</sup> производственной площади на 40-60%;

- снизить удельные капиталовложения на 15-20%;

- сократить энергозатраты в 1,5 раза.

Освоение новых принципов компоновочных решений заводов КПД с учетом гибкости технологических процессов при одновременном внедрении новых и эффективных технологий, оборудования, методов и средств управления, контроля качества позволяет существенно повысить технический уровень производства предприятий крупнопанельного домостроения различной мощности.

Принципиально новые возможности в плане повышения производительности труда (до 10 раз), существенного улучшения технико-экономических показателей появляются в технологических линиях по производству железобетонных изделий, в основу которых положен роторный или кольцевой принцип.

Следует полагать, что реализация принципа роторной или кольцевой технологии для изготовления изделий крупнопанельного домо-

строения, позволит резко повысить эффективность производства. Такой подход существенно изменит традиционные представления о предприятиях крупнопанельного домостроения, потребует пересмотра компоновочных решений главного корпуса, технологических линий. Специалистами СКТБ «Стройиндустрия» Минсевзапстроя РСФСР и НИИЖБа Госстроя СССР разработаны технические решения по привязке роторной технологии в производстве деталей крупнопанельного домостроения.

При этом преследовались следующие цели: обеспечить значительное повышение производительности труда при экономии материальных и энергетических ресурсов; улучшить условия труда на основе комплексной механизации и автоматизации производственных процессов за счет компоновки прогрессивных технологических линий и основного оборудования (как серийного, так и нестандартного).

При разработке технических решений были приняты следующие основные принципы:

- изготовление изделий по роторной или близкой к ней технологии для обеспечения компактности линий, снижения технологической металлоемкости, повышения уровня автоматизации процессов;

- применение напольной технологии в целях упрощения строительной части, существенно снижающей затраты на строительно-монтажные работы при техническом перевооружении действующих предприятий;

- изготовление основного объема плоских изделий методом вертикального формования для обеспечения компактности технологических линий, снижения их металлоемкости, обеспечения качества выпускаемой продукции (точность геометрических размеров, улучшение качества поверхностей);

- исключение пара как теплоносителя при термообработке изделий и замена его более эффективным «масляным» прогревом в целях экономии энергетических ресурсов, улучшения условий труда;

- перенесение изготовления арматурных изделий непосредственно в технологический цикл формования для сокращения производственных площадей, повышения производительности труда и экономии энергоресурсов, сокращения протяженности транспортных потоков;

- исключение традиционных бетоносмесительных узлов (БСУ) и применение локальных узлов, приближенных к местам потребления бетонной смеси (с транспортировкой ее скоростным кубелем), в целях уменьшения капитальных вложений на строительство, сокраще-

ния перегрузок материалов и создания автоматизированной системы управления приготовлением и транспортировкой бетонной смеси;

- максимальное использование «бескрановой» технологии (исключается работа мостового крана) для снижения затрат труда, эксплуатационных и энергетических расходов;

- применение разогретых бетонных смесей, использование химических добавок, ускорителей твердения и пластификаторов, в целях сокращения общего цикла термообработки и повышения качества продукции;

- использование напольного грузоподъемного транспорта на складе готовой продукции для улучшения условий комплектации, сокращения капитальных вложений, уменьшения эксплуатационных расходов.

Таблица 3

Показатели	Величина показателей		
	по типовому проекту завода мощностью 140 тыс.м <sup>2</sup>	по новым техническим решениям заводов мощностью, тыс.м <sup>2</sup>	
		140-160	70
Съем с 1 м <sup>2</sup> производственной площади, м <sup>2</sup> /м <sup>2</sup> :			
формовочного цеха,	11	13/14,8	10,8
включая арматурный цех	9	13/14,8	10,8
Трудозатраты, чел.·ч/м <sup>2</sup>			
рабочих	5,1	2,5/2,2	3
работающих	5,5	2,9/2,5	3,6
Удельная металлоемкость, кг/м <sup>2</sup>			
общая	22,6	21/18,6	28,6
форм	15,2	13,4/11,8	17,3
Годовая выработка, м <sup>2</sup> /чел.			
на рабочего	408	707/808	686
на работающего	376	622/711	579
Удельные капиталовложения, руб/м <sup>2</sup>			
по оборудованию и формам (формовочное и арматурное производство)	18,1	17,1/15	22,9
по строительной части здания (формовочное и арматурное производство)	14	10/8,8	12

Расход энергии на тепловую обработку, руб/м <sup>2</sup>	1,35	0,9	1,35
Установленная мощность оборудования, кВт	1910	2000	1200

Эти основные принципы реализованы и при разработке технических решений завода КПД мощностью 200 тыс. м<sup>2</sup> общей площади в год. Объемно-планировочные и конструктивные решения главного производственного корпуса приняты с учетом прогрессивных технологических требований и предусматривают наиболее рациональное использование производственных площадей и объемов. Приведенные основные технико-экономические показатели завода КПД мощностью 200 тыс. м<sup>2</sup> общей площади в год, работающего по роторной технологии подтверждают эффективность принятых технических решений:

Показатель	Величина показателя
Годовой выпуск продукции	
изделий КПД, тыс.м <sup>3</sup>	181,72
в действующих оптовых ценах, тыс.руб.	7683,12
Списочная численность работающих, всего чел.	347
В том числе:	
рабочих	277
инженерно-технических работников, служащих младшего обслуживающего персонала	70
Затраты на 1 руб. товарной продукции, руб.	35,39
Себестоимость годового выпуска продукции, тыс.руб.	6431,74
Прибыль, тыс.руб.	1251,38
Сметная стоимость строительства, тыс.руб.	7707
В том числе:	
строительно-монтажные работы	4065,37
оборудование	2870,93
прочие затраты	770,7
Годовой расход	
основных и вспомогательных материалов, тыс.руб,	3478
электроэнергии, тыс. кВт·ч	2482,26
тепло энергии, Гкал	37589,3
сжатого воздуха, тыс. м <sup>3</sup>	413
воды, тыс. м <sup>3</sup>	39,74
Срок окупаемости, лет	6,2

### 3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АРМАТУРНЫХ РАБОТ

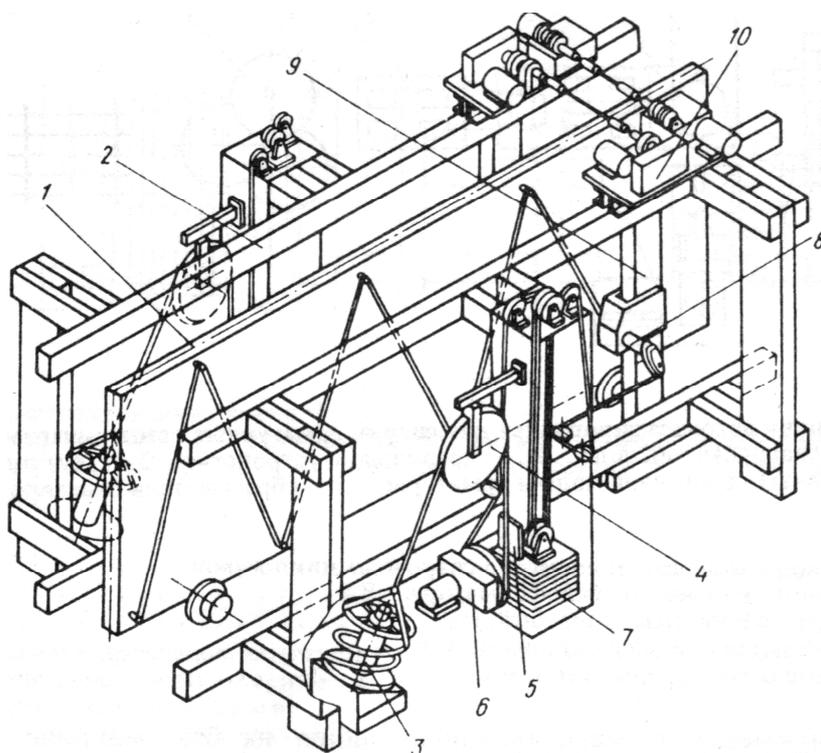
Принципиально новые возможности комплексной механизации и автоматизации дает реализация принципа непрерывного армирования железобетонных конструкций. При этом достигается сокращение трудоемкости производства, расхода арматурной стали, более эффективное использование производственных площадей [3, 4].

Автоматизированная установка непрерывного армирования панелей внутренних стен разработана НИИЖБ Госстроя СССР совместно с Таллинским филиалом СКТБ «Стройиндустрия» Минсевзапстроя СССР.

Основные технические характеристики установки:

Диапазон армирования, мм	
по длине изделия	6000
"ширине "	3000
" толщине "	150
Диаметр арматурной проволоки, мм	4
Скорость подачи арматурной проволоки, м/мин	35
Скорость перемещения пиноли по длине и по высоте армируемого изделия, м/мин	29,83
Усилие натяжений арматурной проволоки, Н	490
Установленная мощность, кВт	24,7
Габариты, мм	
длина	7400
ширина	4100
высота	5300
Общая масса установки, кг	5300

Установка выполнена неподвижной (рис. 2), в виде двух рам (правой и левой), по которым в продольном направлении на всю длину формы перемещаются каретки с пинолями. Сами пиноли выполнены с поворотными роликами и механизмами фиксированного на шаг намотки изменения их длины.



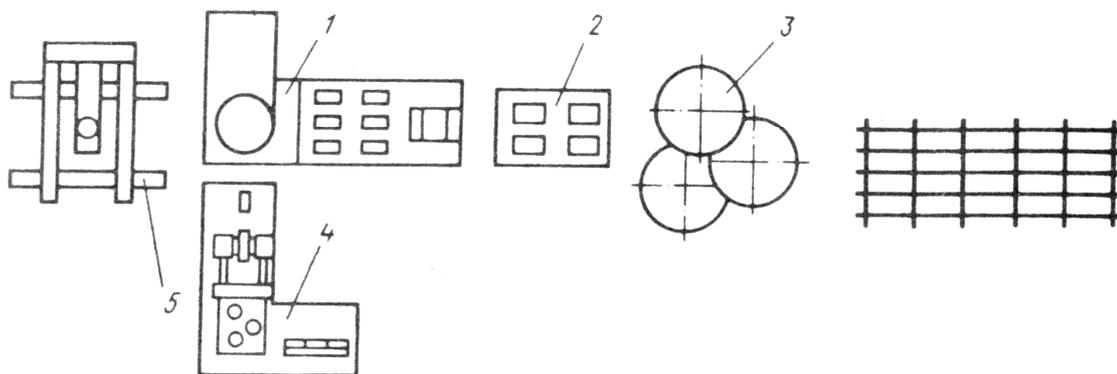
**Рис. 2. Установка непрерывного армирования панелей на касетно-конвейерной линии: 1 - форма; 2 - верхняя направляющая балка; 3 - бухторазматыватель; 4 - направляющий блок; 5 - упоры; 6 - привод подачи; 7 - устройство для натяжения проволоки; 8 - пиноль; 9 - балка-траверса; 10 - механизм перемещения балки-траверсы.**

Машина позволяет осуществлять в автоматическом режиме намотку арматуры на упоры вертикальных форм одновременно с двух сторон. Намотка арматуры осуществляется в следующей последовательности. Вертикальная форма закатывается на пост формования между двух рам и фиксируется в таком положении. Арматура из бухты (проволока или прядь) пропускается через систему направляющих роликов натяжного устройства и пиноль. Конец ее закрепляется на одном из упоров формы. Указанная операция осуществляется одновременно с двух сторон вертикальной формы, причем конусы арматуры закрепляются на соосных упорах. Затем осуществляется намотка арматуры на упоры при перемещении кареток в рамах по горизонтали и пинолей в каретках по вертикали. По достижении пинолями верхнего или нижнего крайнего положения привод горизонтального перемещения отключается, происходит поворот ролика, арматура обходит упор, после чего включается привод и происходит вытяжка до следующего упора. Таким образом, процесс повторяется до завершения намотки с обеих сторон формы нижних рядов арматурных каркасов.

Для навивки следующего слоя арматуры длина пиноли уменьшается на шаг и фиксируется стопором. Затем операция повторяется в указанной выше последовательности до завершения намотки наружных слоев арматурных каркасов. После этого концы арматуры фиксируются на крайних соосных упорах и обрезаются.

Особенно эффективно использование указанных установок при изготовлении панелей перекрытий, поскольку они обеспечивают и возможность предварительного натяжения арматуры в процессе намотки. В целом, применение непрерывного армирования позволит сократить трудоемкость арматурных работ в 2-2,5 раза и расход арматурной стали на 20-35 %. Целый ряд автоматизированных линий и комплексов по изготовлению арматурных элементов разработаны НПТО «Белстройнаука» Госстроя БССР.

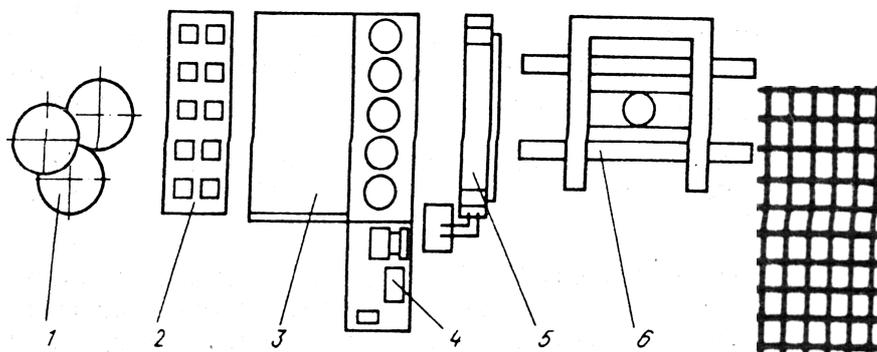
Автоматизированная линия МЛ 90 предназначена для электрической контактной сварки мелкоячеистой сетки из арматурной проволоки классов В-1 и Вр-1 с подачей арматуры из бухт. Линия, внедренная на заводе СЖБ № 3 Минстроя БССР, состоит из модернизированной сварочной машины, правильного устройства, бухтодержателей, механизма поперечной подачи арматуры, сбрасывателя-пакетировщика (рис. 3).



**Рис. 3. Линия автоматизированная для сварки арматурных сеток с шагом 50 мм: 1 - сварочная машина; 2 - правильное устройство; 3 - бухтодержатель; 4 - механизм поперечной подачи арматуры; 5 - сбрасыватель-пакетировщик**

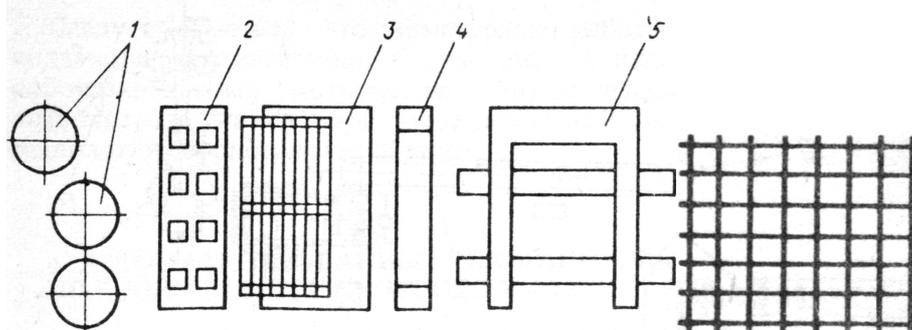
Линия может работать в наладочном и автоматическом режиме.  
 Производительность, количество сварочных циклов/мин 18  
 Мощность сварочного трансформатора, кВА.....131  
 Диаметр свариваемых стержней, мм.....3 - 5  
 Количество продольных стержней, шт.....6  
 Максимальная ширина сетки, мм.....370

Перспективна автоматизированная линия на базе машины МТМС - 10х35, предназначенная для изготовления сеток с автоматической подачей как продольной, так и поперечной арматуры из бухт (рис. 4).



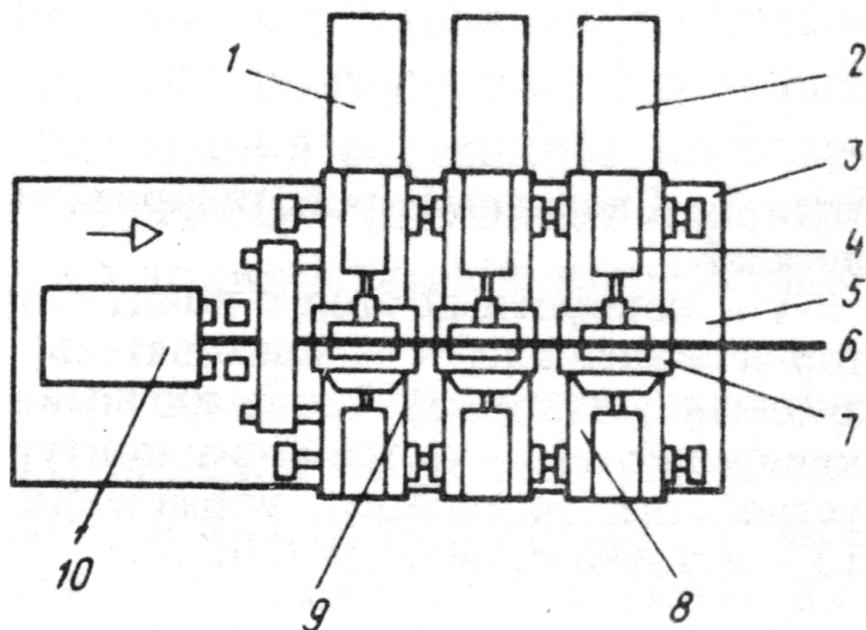
**Рис. 4. Линия автоматизированная на базе машины МТМС-10х35: 1- бухтодержатели; 2- правильные устройства; 3 - сварочная машина МТМС-10х35; 4 - механизм поперечной подачи; 5 - ножницы резки сеток; 6 -приемно-пакетирующее устройство.**

Линия МЛ 94 состоит из бухтодержателей, правильных устройств, модернизированной сварочной машины МТМС - 10х35, механизма поперечной подачи, ножниц резки сетки, приемно-пакетирующего устройства. Производительность линии при шаге 200 мм достигает 12 м/мин.



**Рис.5. Автоматизированная линия ЛС-10: 1 - бухтодержатель; 2 - правильный механизм; 3 - модернизированная сварочная машина МТМС-10х35; 4 - ножницы резки сеток; 5 - устройство приемно-пакетирующее.**

Автоматизированная линия ЛС-10 способствует повышению эффективности изготовления арматурных сеток для многопустотных железобетонных плит перекрытий (рис. 5). Линия может работать в наладочном и автоматическом режимах, производительность линии при размере ячейки 125х125 мм достигает 2,5 м/мин.



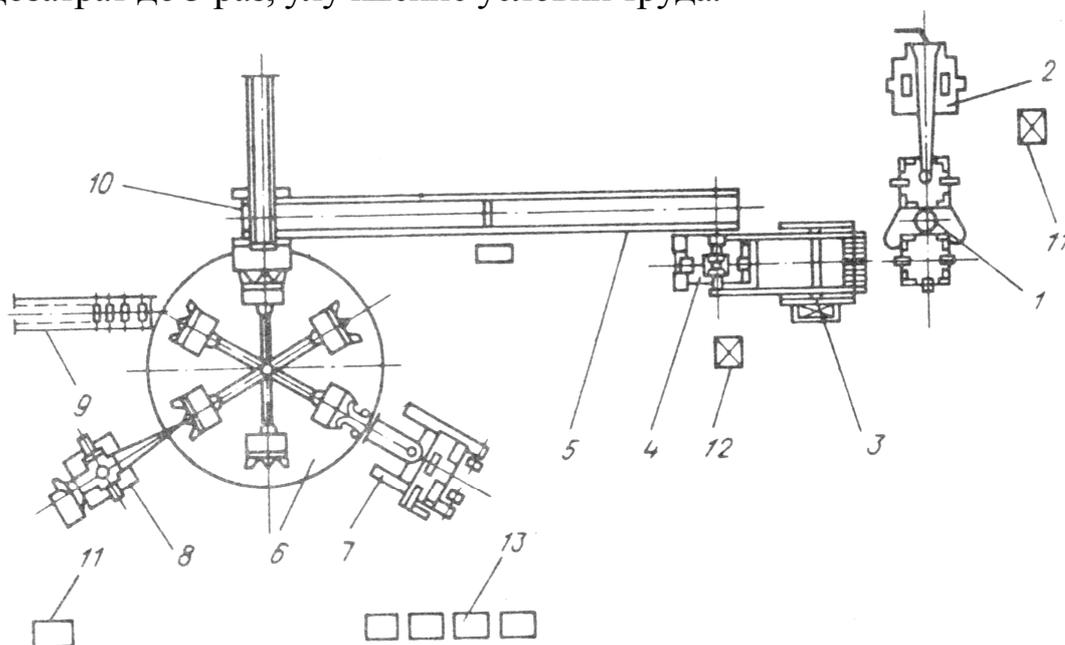
**Рис.6. Автоматизированная линия для изготовления арматурных стержней с двойными анкерными головками:**

- 1 - зажим; 2 - пневмоцилиндр зажима; 3 - направляющая цанга; 4 - опора; 5 - каретка; 6 - проволока; 7 - губки; 8 - электронагрев; 9 -высаживание головок; 10 - пневмоцилиндр высадки.**

Автоматическая линия для изготовления арматурных стержней с двойными анкерными головками разработана СКБ Главстройпрома-Минтрансстроя СССР и смонтирована на Толмачевском заводе ЖБК в Ленинградской области (рис. 6). Линия, производительностью 140 м/ч, представляет собой высокомеханизированный комплекс, осуществляющий заготовку стержней, укладку их в высадочные устройства, электронагрев, высадку анкерных головок и перекладку готовых стержней в накопитель. Использование арматурных стержней с двойными анкерными головками в железобетонных конструкциях позволяет экономить до 40 кг цемента на 1 м<sup>3</sup> изделия. Годовой экономический эффект от внедрения линии составляет около 20 тыс. руб.

Многопередельным и трудоемким в технологии сборного железобетона является производство закладных деталей. Разработка комплексных технологических линий с высоким уровнем автоматизации является весьма важной и актуальной задачей. Этому соответствует сварочный роботизированный комплекс для производства закладных деталей типа, разработанный опытно-механическим заводом и НИИ ФХММ и ТП «Главмоспромстройматериалов».

Комплекс включает участок предварительной сборки, группу транспортно-подающих устройств и участок окончательной сварки (рис.7). Участок предварительной сборки включает в себя поворотный стол с двумя сборочными кондукторами и робот-сварщик. Группа транспортно-подающих устройств состоит из манипулятора-перекладчика, кантователя и рольганга-накопителя со сталкивателем. Участок окончательной сварки состоит из 6-позиционной роторной установки с поворотными схватами на каждой позиции, 4-точечного сварочного автомата и робота-сварщика. Выгрузка и передача готовых изделий осуществляется по рольгангу. При использовании комплекса обеспечивается снижение трудозатрат до 3 раз, улучшение условий труда.



**Рис.7. Сварочный роботизированный комплекс для производства закладных деталей:**

**1 - поворотный стол с кондукторами; 2, 8 — сварочный робот; 3 - манипулятор-перекладчик; 4 - кантователь; 5 - рольганг-накопитель; 6 - роторная позиционная установка; 7 - сварочный 4-точечный автомат; 9 - рольганг; 10 - сталкиватель; 11 - устройство контурного управления сварочным роботом; 12-устройство циклового управления группой транспортно-подающих устройств; 13 - источники питания.**

Следует отметить, что арматурные работы в значительной мере поддаются автоматизации, в том числе с использованием различных роботизированных комплексов. Автоматизация арматурных работ позволяет в значительной мере повысить уровень автоматизации в технологии сборного железобетона.

## 4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

### *4.1. Технологические линии по производству наружных стеновых панелей*

Наиболее важным элементом в гражданском строительстве, и в первую очередь, крупнопанельном домостроении, являются наружные стеновые панели. К ним предъявляются высокие требования по прочностным, теплотехническим, звукоизоляционным показателям, а также долговечности и атмосферостойкости. Они характеризуются высокой трудоемкостью, значительными объемами производства. Удельный вес панелей наружных стен в общем объеме здания составляет по стоимости около 16-18 %. Кроме того, к наружным стеновым панелям предъявляются повышенные требования по архитектурной выразительности [4].

Именно этим обусловлено большое разнообразие существующих типов конструкций наружных стеновых панелей и технологических линий по их производству. Выполненные научно-исследовательские, опытно-конструкторские и проектные работы направлены, прежде всего, на повышение уровня механизации и автоматизации производства качественных наружных стеновых панелей. По конструктивным, технологическим и другим критериям конвейерные линии по производству наружных стеновых панелей условно можно разбить на несколько групп.

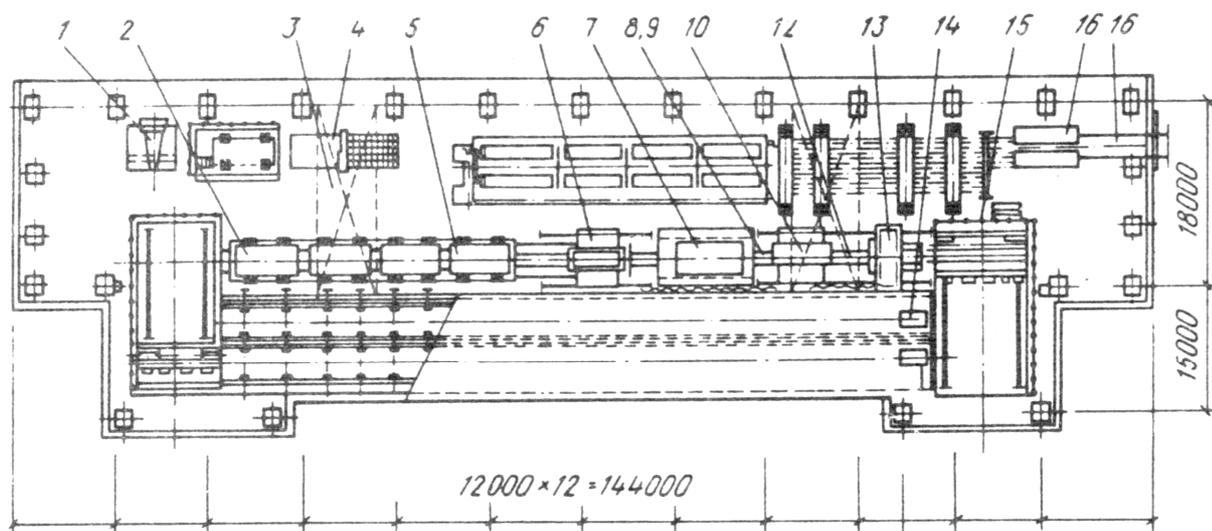
*Линии с продольным и поперечным размещением формвагонеток.* Линии с поперечным размещением дают возможность увеличить число специализированных постов, что позволяет обеспечить равномерный ритм работы всего конвейера, особенно это важно для заводов большой мощности. Технологические линии с поперечным размещением формы нашли достаточно широкое распространение в отечественной практике.

*Одноветвевые и двухветвевые конвейерные линии.* Наличие второй ветви формовочного конвейера позволяют увеличить число специализированных формовочных постов, однако в этом случае необходимо дополнительное оборудование - передаточные тележки. Двухветвевая линия может быть установлена, только в пролете шириной 24 м.

Технологические линии с различными вариантами камер тепло-влажностной обработки: двух- и трехъярусные с выносом за пределы производственного корпуса и др. Наибольшее распространение получили линии НС, разработанные институтами Гипростроммаш и ГПИ № 2. Конвейерные линии для изготовления наружных стен и пере-

крытий разработаны для вновь строящихся и реконструируемых предприятий крупнопанельного домостроения средней (100-140 тыс. м<sup>2</sup>) и большой (180-220 тыс. м<sup>2</sup> общей площади в год) мощности. Основные технико-экономические и технологические показатели четырех типовых проектов линий приведены в табл.4, а схемы технологических компоновок двух конвейерных линий - на рис.8. Проекты разработаны в двух вариантах: с тепловой обработкой железобетонных изделий в подземных и наземных одноярусных щелевых камерах.

В качестве основного технологического оборудования применено новое серийное оборудование, изготавливаемое заводами Минстройдормаша. Основное отличие конвейерных линий для заводов большой мощности от линий для заводов средней мощности состоит в наличии двух ниток постов формования и отделки. Это дает возможность более полно использовать посты распалубки и подготовки форм к бетонированию и обеспечить на постах формования и отделки работу, продолжительность которой равна удвоенному ритму работы линии. На линии для заводов средней мощности раздвоения постов не требуется, так как времени, отведенного для работы на постах формования и отделки, достаточно для выполнения этих операций.



**Рис.8. Технологическая линия по изготовлению наружных стеновых панелей с наземными щелевыми камерами: 1 - консольный кран; 2 - кантователь СМЖ-439; 3 - мостовой кран; 4- механизм открывания и закрывания бортов СМЖ-453; 5 - линия отделки; 6- бетоноукладчик СМЖ-166Б; 7 - звукоизолирующий кожух СМЖ-653; 8-виброплощадка СМЖ-200Б; 9-подвесные рельсы СМЖ-458;10 –бетоноукладчик СМЖ-528; 11 - привод СМЖ-300Б А-17; 12 - секции для установки изделий; 13-отделочная машина СМЖ-461;14 - оборудование щелевых камер СМЖ-445;15 - передающая тележка СМЖ-444-02; 16 - самоходная тележка СМЖ-151.**

Таблица 4

Показатели	Для производства одно- слойных панелей наруж- ных стен на заводах		Для производства нена- пряженных панелей пере- крытий на заводах	
	средней мощности (т.п. 409- 013-12.83)	большой мощности (т.п. 409- 013.23.83)	средней мощности (т.п. 409- 013.17.83)	большой мощности (т.п.409- 013.24.84)
Мощность заво- дов крупнопан- ельного домо- строения, тыс.м <sup>2</sup> /год	140	220	140	220
Себестоимость 1м <sup>2</sup> /год	57,2/57	42,26/42	54,16/54,01	41,86/41,81
Стоимость, тыс. руб.:				
Строительно- монтажных работ	251,5/224,8	287/257,7	551,2/473,9	544,5/449,6
оборудования	502,5/471,2	373,8/347,3	651,4/623,6	510,6/481
Расход тепла на технологические нужды, Гкал/ч	0,915	0,68	1,37	0,96
Установленная мощность, КВт	797,7/753,7	436,4/393,9	989,7/945,7	664/620
Расход воздуха, м <sup>3</sup> /мин	7,2	5,7	7,4	5,3
Общая площадь, м <sup>2</sup>	2592/4272	2592/4272	3744/5627	3744/6527
Число постов,	9	15	9	15
в том числе дубли- рованных	-	4	-	4
Число форм:				
на постах	9	15	9	15
в камере тепловой обработки	24	42	24	42
Ритм рабочих, за- нятых в смену	12	16	8	14
Ритм работы ли- нии, мин.	26	16,5	23	11,3

*Примечания:*

1. Сметная стоимость для заводов средней мощности в ценах, действующих до 1984 г.
2. В числителе приведены показатели для линий с подземными, в знаменателе – с наземными щелевыми камерами тепловой обработки изделий.

Передаточная тележка СМЖ-444 имеет конструкцию, обладающую более высокой степенью надежности и большим усилием толкания, чем у ранее выпускавшейся тележки 2693/2; толкатель работает в обе стороны. Подъемник СМЖ-438 одновременно работает как снижатель, что сокращает номенклатуру применяемого оборудования. Подъемник, передаточная тележка и оборудование щелевых камер СМЖ-445, конструкция которого также улучшена по сравнению с ранее выпускавшейся, могут работать совместно в полуавтоматическом режиме. Применено одно устройство для открывания и закрывания бортов СМЖ-453 вместо ранее применявшихся двух и конструкция его более надежна.

Конструкция подъемных рельс СМЖ-458 упрощена, что повысило их надежность. Бетоноукладчик СМЖ-528 предназначен для укладки раствора на верхнюю поверхность изделия, что способствует улучшению качества отделки. Отделочная машина СМЖ-461 для заглаживания поверхности свежееотформованного изделия имеет два рабочих органа: валик и диск. Для получения высокого качества поверхности и уменьшения изнашивания узлов машины конструкция заглаживающего валика снабжена специальным приспособлением, с применением которого валик не перемещается по бортам в процессе отделки, что предохраняет его от изнашивания. Это приспособление также обеспечивает регулирование давления диска на бетон. Серийный выпуск отделочной машины начался с 1985 г.

Уменьшение номенклатуры и повышение надежности оборудования конвейерных линий позволяет улучшить ремонтное обслуживание линий, уменьшить необходимое число и номенклатуру запчастей, что положительно скажется на эксплуатации линий. Для улучшения условий труда и снижения шума от работающих виброплощадок на линиях установлены звукоизолирующие кожухи. Кожух представляет собой пространственный каркас, облицованный внутри звукопоглощающим материалом и имеющий с торцов подъемные ворота для прохождения формы. Для проведения ремонтных работ кожух может быть снят мостовым краном на линиях средней мощности; предусмотрена возможность передвижения его на соседний пост на линиях большой мощности.

Тепловую обработку железобетонных изделий проводят в камерах непрерывного действия, что позволяет сократить расход пара в среднем на 25%. Тепловая обработка предусмотрена «глухим» паром (через регистры) и горячим воздухом. Горячий воздух высушивает панели наружных стен до нормативной влажности, что улучшает их качество и позволяет без задержки проводить их качественную последующую отделку. Процесс тепловой обработки изделий в щелевых камерах автоматизирован.

На линиях по изготовлению однослойных наружных стен формование изделий предусмотрено «лицом вниз». При этом способе формования устанавливают столярные блоки в железобетонные изделия на линии. В этом случае отделку лицевой поверхности панели можно выполнять керамической плиткой, обнажением фактурного раствора, окраской вододисперсионными и полимерцементными составами или присыпкой мелкозернистой крошкой на полимерцементной основе с использованием линии отделки СМЖ-463-468.

Типовые линии для заводов средней мощности размещаются в технологическом пролете размером 18x144 м, линии для заводов большой мощности - в пролете размером 24x156 м. В пролетах предусмотрены посты переоснастки форм, оборудованные передвижным консольным краном грузоподъемностью 3,2 т. Компоновка типовых конвейерных линий в технологическом проекте обеспечивает возможность для конкретной привязки применять различные варианты подачи бетонной смеси и арматурных изделий к местам их потребления, что особенно важно при реконструкции действующих предприятий.

Высоким уровнем механизации характеризуется конвейерная горизонтально-замкнутая линия, действующая на Павлодарском ДСК. Линия укомплектована оборудованием и агрегатами для выполнения комплекса операций; чистки и смазки форм, закрывания бортов, укладки подстилающего слоя, установки арматуры и столярных изделий, укладки и уплотнения бетонной смеси, заглаживания поверхности, устранения дефектов и контроля качества панели.

В технологической линии конвейера задействована 41 форма вагонетка. Для тепловой обработки конструкции три щелевые камеры шириной 4,5 м оборудованы электропрогревом. Перемещение форм-вагонеток на конвейере осуществляется машиной-толкателем. Для перемещения тележек с конвейера в щелевые камеры и из камер на конвейерную линию предназначены две передаточные тележки. Для открывания бортов форм-тележек и для их фиксации в закрытом положении используются устройства СМЖ-300-2А и СМЖ-300-4А. Те-

пловая обработка изделий с помощью электропрогрева осуществляется в течение 6-8 ч., при этом увеличивается коэффициент оборачиваемости форм, что дает возможность значительно сократить парк форм и затраты на их эксплуатацию.

На Курском ДСК внедрены три наклонно-замкнутые конвейерные линии для изготовления железобетонных изделий, спроектированные и изготовленные ЭКБ Минуралсибстроя СССР. Каждая из линий включает формовочный конвейер, две тележки-снижатели и две щелевые камеры тепловой обработки. В свою очередь в состав формовочного конвейера входит два привода-толкателя, затирочная машина, бетоноукладчик, раствороукладчик, кантователь, механизм открывания и закрывания бортов, виброплощадки, гидростанции с аппаратурой управления.

Поддон-вагонетка с термообработанным изделием, находящийся на одном из снижателей, захватывается приводом конвейера и стягивается на первый пост формовочного конвейера. На первом посту открываются борта, затем изделие перемещается на второй пост, пост кантования, где производится съём готового изделия; следующие посты - чистка и смазка форм, закрывание бортов и укладка арматуры, укладка раствора и бетона, затирание поверхности. После выполнения всех операций поддон-вагонетка заталкивается на тележку-снижатель, которая, опускаясь вниз, останавливается перед одной из камер.

Съём поддона с тележки и проталкивание всех поддонов, расположенных в камерах, производится с помощью приводов, расположенных в каждой камере. В зависимости от количества щелевых камер колеблется производительность конвейера: две - 125 тыс.м<sup>2</sup>, три - до 160 тыс.м<sup>2</sup> жилой площади в пересчете на изделия КПД.

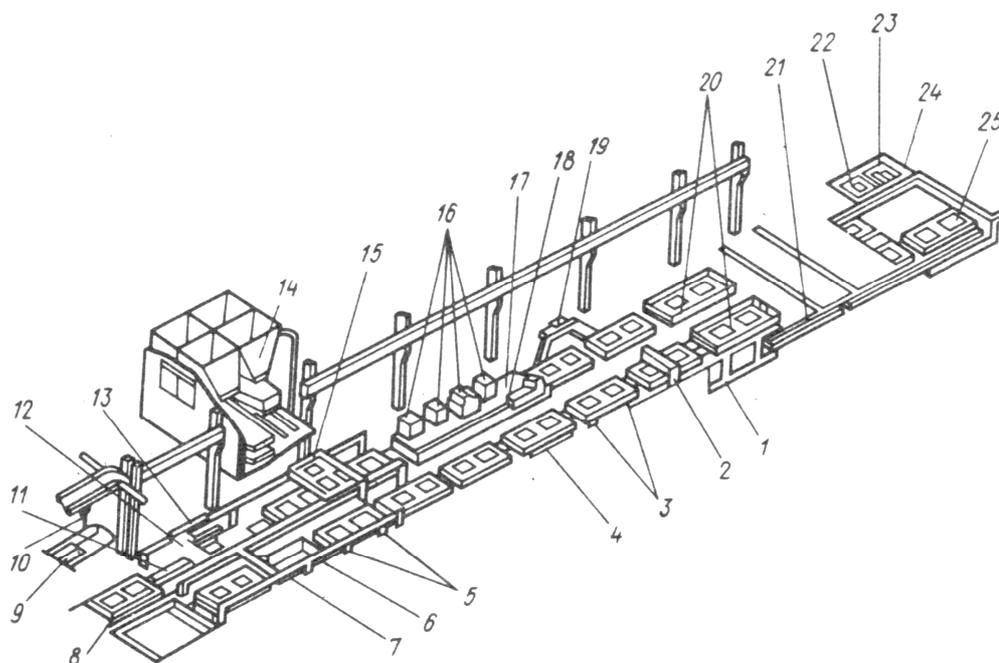
Количество постов формовочного конвейера может меняться от 6 до 13. Шаг постов регулируется от 7 до 9,2 м за счет настройки стяжных муфт. Регулируемый шаг формовочного конвейера позволяет располагать линию в цехах различной длины, работать с типовыми и другими видами поддонов.

В дальнейшем конструкция линии модернизировалась. Все это позволило улучшить технические показатели конвейерной линии по производству наружных стеновых панелей конструкции ЭКБ Минуралсибстроя СССР, характеристика которой приведена ниже:

Максимальные габаритные размеры изготавливаемых железобетонных изделий, м	7,2x3,1x0,4
Регулируемый шаг постов	7,6-9 (8-9,2)
Шаг постов линии при применении типового поддона, м	8,85
Скорость перемещения форм на формовочном конвейере, м/мин	6
Скорость перемещения форм в щелевых камерах, м/мин	6
Скорость перемещения тележек-снижателей, м/мин	4,8
Тяговое усилие толкателя № 1, Н	900000
Тяговое усилие толкателя № 3, Н	15000
Тяговое усилие при подъеме снижателя, Н	80000
Общая установленная мощность нестандартизированной части оборудования, кВт	95,5
Масса нестандартизированной части оборудования, кг	53000

Применение линии эффективно при реконструкции действующих предприятий.

ВНИИжелезобетоном с целью улучшения технологических параметров и повышения эффективности конвейерных линий с учетом опыта работы существующих конвейеров разработаны двухветвевые конвейерные линии в новой компоновке. Конвейерная линия оснащена формами-вагонетками, технологическим и транспортным оборудованием и состоит из двух ветвей формовочного конвейера, формокамеры и двухветвевой подземной камеры тепловой обработки, частично вынесенной за пределы корпуса. Камера соединена с формовочной линией подъемником и снижателем. Передаточное устройство, находящееся в торце камеры, имеет привод, расположенный в специальном отсеке, изолированном от тепловой среды, что улучшает условия эксплуатации и повышает надежность работы привода. В торце линии, противоположном камере тепловой обработки, формовочные ветви соединены передаточным устройством, расположенным в зоне арматурного цеха, где оборудован пост установки арматурных каркасов. Подготовительный и заключительный участки формовочных ветвей расположены рядом и обслуживаются подъемно-транспортным устройством типа манипулятора. Перемещение формокамеры используются для промежуточного складирования проемообразователей, вкладышей и столярных блоков.



**Рис. 9. Двухветвевая конвейерная линия:**

- 1 - формы; 2 - шпаклевочная машина; 3 - механизм открывания бортов; 4 - кантователь; 5 - механизм закрывания бортов; 6 - эстакада; 7 - раствороукладчик нижнего слоя; 8 - передаточное устройство; 9 - арматурный каркас; 10 - кран; 11 - толкатели; 12 - виброплощадка; 13 - бетоноукладчик; 14 - галерея бетоносмесительного узла; 15 - раствороукладчик верхнего слоя; 16 - склад комплектующих деталей; 17 - форкамера; 18 - направляющая; 19 - подъемно-транспортный механизм; 20 - подъемники-снижатели; 21 - камера ТВО; 22 - передаточное устройство; 23 - привод; 24 - изолированный отсек; 25 - тележка**

Посты укладки раствора и бетонной смеси расположены в зоне галереи локального бетоносмесительного узла, раствороукладчики и бетоноукладчики перемещаются по сдвоенной эстакаде. Благодаря такой компоновке конвейера сокращена длина маршрутов технологических потоков; укладка арматуры в форму в зоне арматурного цеха исключает транспортировку и припостовое складирование каркасов в формовочном цехе, бетонная смесь и раствор подаются в укладчики непосредственно от локального бетоносмесительного узла, что исключает транспортировку бетонной смеси в цехе и потери времени на ожидание загрузки.

Расположение постов доводки изделий рядом с постами подготовки форм позволяет обслуживать их манипулятором, с помощью которого комплектующие детали со склада, расположенного на фор-

камере, и проеомобразователи, снятые с форм на постах доводки, подаются на участок подготовки форм. Это снижает количество формоснастки, находящейся в обороте.

Первый пост отделочного конвейера расположен рядом с постом распалубки, поэтому длина маршрута перемещения готовых изделий, снимаемых с конвейеров, минимальна. Подвесное формовочное оборудование позволило разместить конвейер в пролете шириной 18 м. Возможно также применение напольного оборудования. В этом случае конвейер целесообразно размещать в пролете шириной 24 м.

Кроме Свердловского завода двухветвевые конвейеры применены также на заводах КПД, строящихся в Днепропетровске, Кривом Роге и др. Двухветвевая линия в новой компоновке пущена в эксплуатацию на заводе КПД в Кременчуге (рис. 9).

Использование двухветвевой компоновки и сокращение маршрутов потоков позволили уменьшить длину пролета на Днепропетровском заводе до 132 м, а в определенных условиях возможно сокращение его длины до 120 м. Возможность размещения такого конвейера в пролете шириной 18 м позволяет использовать его при реконструкции действующих предприятий.

В табл. 5 приведены сравнительные технико-экономические показатели конвейерных линий по производству наружных стеновых панелей.

Таблица 5

Показатели	Двухветвевая линия	Наклонно-замкнутый конвейер	Конвейер по типовому проекту 409-13-8
Годовая производительность, тыс.м <sup>3</sup>	46,2	46,2	46,2
Удельная металлоемкость, кг/м <sup>3</sup>	13,3	14,0	14,4
Трудоемкость, чел/ч/м <sup>3</sup>	1,6	2,2	2,2
Себестоимость переработки (формования), руб./м <sup>3</sup>	8,4	9,0	9,4
Удельные капвложения, руб./м <sup>3</sup>	14,0	14,6	17,1
Приведенные затраты, руб./м <sup>3</sup>	10,5	11,2	12,0

Освоение ветвевых конвейерных линий позволяет снизить трудоемкость, удельную металлоемкость, себестоимость переработки и удельные капвложения. Расчетный годовой экономический эффект от внедрения одного конвейера составляет 50-70 тыс. руб.

По проектно-сметной документации, разработанной ПКТБ Минпромстроя БССР, на Гомельском ДСК построен цех изготовления наружных стеновых панелей серии 152 для 5- и 9-этажных крупнопанельных жилых домов. Технология производства панелей разработана на основе изучения и обобщения передового отечественного опыта заводов крупнопанельного домостроения и предусматривает высокий уровень механизации и автоматизации технологических процессов.

В цехе длиной 156м размещены две двухъярусные конвейерные линии и два конвейера для отделки и доводки панелей до полной заводской готовности и вывоза на склад готовой продукции. Проект разработан с учетом следующих требований: технологическое оборудование рассчитано на использование форм с унифицированным поддоном, предусмотрена переналадка и замена форм в технологическом потоке без нарушения ритма его работы, размеры формующих поверхностей поддонов и основного технологического оборудования позволяют выпускать изделия с максимальными габаритами 7х3 м.

Конвейерная линия представляет собой вертикально-замкнутую двухъярусную линию форм-вагонеток, последовательно перемещающихся вдоль технологических постов с помощью двух толкателей. В первом ярусе располагаются 11 технологических постов, на которых выполняются следующие работы: съем прижимных щитов; открывание замков поперечных и продольных бортов формы-вагонетки; кантование формы-вагонетки и съем изделия; обратное кантование, чистка поддона и бортов форм; закрывание бортов, смазка формы; установка вкладышей и армирование нижнего слоя бетона; укладка тяжелого бетона в форму; разравнивание, виброуплотнение и проверка толщины его слоя; укладка в форму пакетов утеплителя, армирование верхнего слоя бетона; укладка легкого бетона в форму, уплотнение; укладка верхнего слоя раствора, разравнивание; изготовление фактурной поверхности бетона; выдержка изделий.

Во втором ярусе расположена щелевая пропарочная камера непрерывного действия на 12 форм-вагонеток, где изделия проходят тепловую обработку при температуре 85 - 95°C по следующему режиму: 1ч - выдержка, 2,5 ч - подъем температуры, 5,3 ч - изотермический прогрев, 1ч - остывание. Подъем температуры и изотермический прогрев для всех изделий производится «глухим» паром. Предусмотрена эф-

фективная изоляция щелевых камер. Транспортная линия конвейера состоит из подъемника, снижателя и двух толкателей, которые обеспечивают ритмичное перемещение форм-вагонеток. Управление линией осуществляется с центрального пульта, расположенного у поста формования.

По сравнению с действующими линиями изготовления наружных стеновых панелей имеет следующие преимущества:

- полная механизация технологических процессов;
- на каждой линии формования установлены по две виброплощадки, что позволило ускорить ритм работы конвейера и улучшить качество изделий;
- форма-вагонетка попадает из снижателя или подъемника непосредственно на первый или второй ярус, в результате чего отпала необходимость в передаточной тележке;
- термообработка изделий производится в теплоизоляционных щелевых камерах с автоматическим регулированием режима пропарки;
- конвейер отделки выполнен с выходом на склад готовой продукции, что исключило необходимость применения крана для съема и установки изделий на самоходную тележку (традиционная технология).

Основные технико-экономические показатели конвейерной линии: годовой выпуск продукции - 39000 м<sup>3</sup>; сметная стоимость строительства - 2892 тыс. руб.; срок окупаемости капитальных вложений - 4,2 года; сокращение трудозатрат - 2800 чел.дн.; годовой экономический эффект - 78 тыс. руб.

Конструктивные компоновочные решения, ориентированные на минимизацию приведенных затрат при выпуске стеновых керамзитобетонных панелей промышленных зданий в условиях существующего среднего укороченного пролета размерами 18x120 м, реализованы в технологической линии, разработанной Минским филиалом КТБ «Стройиндустрии» и внедренной на заводе СЖБ-11 в Светлогорске Гомельской обл.

Линия предназначена для изготовления стеновых панелей толщиной 200 и 240 мм серии 1.432-5 выпуск 1. При необходимости на линии можно выпускать изделия других типов. Линия представляет собой вертикально-замкнутый двухъярусный конвейер с поперечным расположением форм-вагонеток. На верхнем ярусе расположены технологические посты с необходимым оборудованием для выполнения технологических операций, на нижнем - щелевая камера тепловой обработки. В конце камеры имеются приямки для подъемника и снижателя.

Конвейер включает в себя следующие технологические посты: съема изделий с формы-вагонетки, чистки и смазки форм-вагонеток, укладки плитки на зеркало поддона, укладки объемных арматурных каркасов, закрывания продольных и торцевых бортов формы, укладки и уплотнения нижнего слоя раствора и керамзитобетона, укладки и уплотнения верхнего слоя раствора, выдержки изделий, отделки верхней поверхности панелей.

Керамзитобетонные стеновые панели на конвейерной линии изготавливают в пульсирующем режиме с ритмом перемещения форм-вагонеток с поста на пост 20-28 мин.

Форма-вагонетка после тепловой обработки поступает на платформу подъемника. При подъеме формы рычаги ее замков упираются в четыре ролика, смонтированных на стойках подъемника, и открывают сначала замки формы, а затем ее торцевые борта. Продольные борта формы открываются после того, как платформа подъемника переместится на уровень верхнего яруса конвейера. Для этого платформа оборудована двумя парами упоров.

При движении формы, сообщаемой ей толкателем подъемника в сторону, противоположную от конвейера, рычаги шарниров формы набегают на стационарные упоры, и открывается один продольный борт. Затем при столкновении формы с платформой подъемника на первый пост верхнего яруса конвейера срабатывает вторая пара качающихся упоров и открывается второй продольный борт. Таким образом, использование хода платформы подъемника и его толкателя для открывания замков и бортов формы позволило исключить один технологический пост верхнего яруса и специальный механизм открывания бортов.

Форма-вагонетка с изделиями конвейером подается на пост съема изделий из формы. Для съема изделий применяется специальное устройство, которое подвешивается на крюк типовой траверсы СМЖ-289А. Захватный орган представляет собой сварной корпус, состоящий из двух щек, соединенных между собой пластинами. Внутри корпуса находится втулка с подпружинным фиксатором. На одной из щек закреплена втулка с подпружинным фиксирующим пальцем, служащим для застроповки изделия в петлю, в исходное положение палец возвращается посредством гибкого поводка.

Упор с помощью оси шарнирно крепится к корпусу и служит для предотвращения скалывания кромок панели при переводе ее из горизонтального положения в вертикальное. При подъеме панели петля заходит между щеками корпуса захватного органа, при дальнейшем на-

жатию на рукоять фиксатор упирается в петлю и сжимает пружину, предоставляя возможность фиксирующему пальцу произвести застроповку. Упор опускается на ребро панели и поднимает ее. Расстроповка панели производится гибким поводком. При этом фиксирующий палец возвращается в исходное положение, а фиксатор снова прикрывает отверстие. Грузоподъемность устройства - 3 т, масса - 14 кг.

Распалубленная панель мостовым краном подается на моечную машину конструкции завода СЖБ-11. К панели подводят мощный вал машины, который, вращаясь и перемещаясь вдоль панели, удаляет с поверхности, облицованной плиткой, наклеенную бумагу. Затем панели грузят на самоходную тележку СМЖ-151 и вывозят на склад готовой продукции. Транспортируют панели в вертикальном положении закрепленными в кассетных стойках, обеспечивающих сохранность лицевых поверхностей изделий. При обнаружении дефектов панель направляется на пост доводки. В зимнее время панели выдерживают в цехе в течение 8 ч.

Освободившаяся от изделия форма-вагонетка конвейером перемещается на пост механизированной чистки и смазки форм. Очищенная и смазанная форма также по конвейеру поступает на пост укладки облицовочной плитки. На следующем посту в форму мостовым краном устанавливаются арматурные пространственные каркасы с закладными деталями. Здесь же находится механизм закрывания бортов формы, который состоит из узлов закрывания продольных и торцевых бортов и гидросистемы, включающей гидравлическую станцию СМЖ-346.

Узел закрывания бортов имеет гидроцилиндр, кронштейны крепления гидроцилиндра и поворотного рычага. При включении механизма гидроцилиндры поворачивают рычаги, упирающиеся роликами в борта формы, и закрывают сначала продольные, а затем торцевые борта, связанные с накладными замками, посредством которых происходит фиксация и удерживание бортов в рабочем положении. После закрывания бортов рычаги механизма автоматически возвращаются в исходное положение.

Полная автоматизация открывания бортов и замков на подъемнике-снижателе, а также механизация закрепления бортов и замков на специальном посту обеспечиваются конструкцией замка. Замок состоит из двуплечного рычага, верхнее плечо которого имеет зуб. На продольном борту формы приварена бобышка. Между нижним плечом двуплечевого рычага и стенкой торцевого борта расположена пружина сжатия. На поддоне с помощью щек установлен упор. В закрытом положении торцевые борта удерживаются зубом, который

входит в зацепление с бобышкой, приваренной на продольном борту. От произвольного открывания в процессе выполнения теплотехнических операций и перемещения форм в камере и с поста двуплечный рычаг удерживается пружиной сжатия.

Для вывода из зацепления зуба и открывания торцевого борта необходимо распалубочным устройством нажать на Т-образный выступ в процессе подъема на платформе подъемника и контакта выступа с упорами, установленными на подъемнике (в обычных линиях требуется простой механизм прямого действия, например гидроцилиндр, установленный на посту распалубки). При этом двуплечный рычаг, поворачиваясь на оси, сжимает пружину и выводит из зацепления с бобышкой зуб верхнего плеча двуплечного рычага. При дальнейшем же воздействии на Т-образный выступ нижнее плечо упирается в упор поддона и открывает торцевой борт. Затем форма-вагонетка поступает на формовочный пост, на котором укладывают и уплотняют нижний слой раствора и слой керамзитобетона. Пост оборудован виброплощадкой СМЖ-200А, подъемными рельсами опускается вдоль продольной оси формы, укладывает слой раствора и керамзитобетона, которые поочередно уплотняются виброплощадкой.

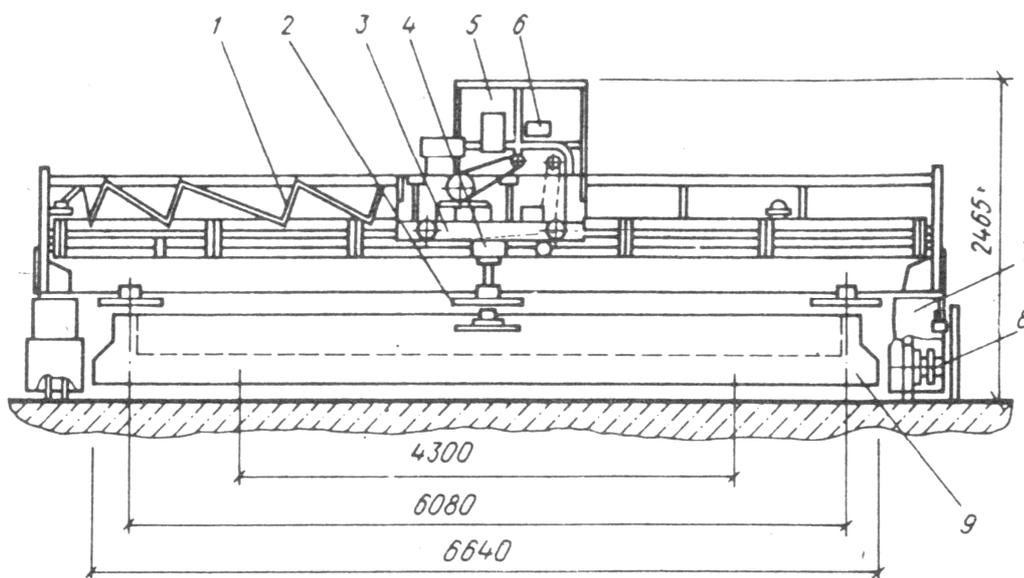
В виброплощадке СМЖ-200А изменены расстояния между виброблоками для размещения подъемных рельс и компоновки формовочного поста в линии. Подъемные рельсы состоят из следующих основных узлов: кареток, платформы, кронштейнов, гидроцилиндров и насосной станции. Каретка представляет собой сварную металлическую конструкцию с шестью роликами, четыре из которых служат для ее перемещения по горизонтальным направляющим, а два - для подъема и опускания платформы. Каретка приводится в движение гидроцилиндром. Платформа - сварная металлоконструкция с четырьмя роликами для вертикального перемещения ее по направляющим кронштейна и четырьмя клиньями для опирания на ролики кареток. Платформа опускается и поднимается по принципу работы клиновых устройств.

При перемещении кареток по направляющим, установленные на них ролики наезжают на наклонные поверхности клиньев платформы и поднимают ее вместе с находящейся на посту формой-вагонеткой, отрывая последнюю от блоков виброплощадки. При этом ролики платформы катятся по направляющим кронштейнов. Кронштейны не позволяют смещаться платформе в горизонтальной плоскости. При перемещении кареток в обратном направлении ролики кареток сходят с клиньев платформы и она опускается. Форма-вагонетка при этом за-

висает на блоках виброплощадки. Крайние положения кареток фиксируются концевыми выключателями.

Для перехода через проемы (разрезы) в рельсах колеи бетоноукладчика, созданные для прохода колес форм-вагонеток и направляющих для перемещения толкателей конвейера, типовой бетоноукладчик оборудован двумя дополнительными ведущими и двумя дополнительными ведомыми колесами, причем расстояние между осями основных и дополнительных колес больше разрывов в рельсах, что позволяет во время перемещения тем или иным колесам находиться в контакте с головкой рельса.

После укладки и уплотнения бетона на виброплощадке бетоноукладчик уходит для загрузки, а форма-вагонетка с отформованными изделиями подъемными рельсами поднимается на уровень транспортирования и конвейером передвигается на пост укладки верхнего слоя раствора. Здесь бетоноукладчик СМЖ-162, проходя вдоль формы, укладывает слой раствора толщиной 20 мм и уплотняет его заглаживающим брусом. После укладки и уплотнения слоя раствора бетоноукладчик направляется для загрузки, осуществляемой в данной линии с помощью ленточных конвейеров, а форма-вагонетка перемещается на посты выдержки и отделки поверхности панелей диском затирочной машины. Кроме того, на этих постах борта форм очищаются от остатков бетона и раствора.



**Рис. 10. Затирочная машина:**

- 1 - ограждение; 2 - диск; 3 - тележка; 4 - затирочная головка;  
5 - место оператора; 6 - пульт управления; 7 - портал;  
8 - привод передвижения портала; 9 - форма**

Затирачная машина служит для окончательной отделки наружной поверхности стеновых панелей промзданий (рис. 10). Она состоит из портала, по рельсам которого с помощью цепочного зацепления перемещается тележка, несущая рабочий орган машины - затирачную головку, место оператора, пульт управления, а также привод вращения диска затирачной головки и передвижения тележки [5].

Портал машины представляет собой конструкцию, состоящую из двух продольных и поперечных балок, привода передвижения портала, рамы привода, настила и ограждения. На продольных балках находятся двухребордные колеса для передвижения портала по рельсам.

Поперечные балки несут на себе рельсовый путь для перемещения тележки. Привод перемещения портала включает в себя электродвигатель, клиноременную и цепную передачи и редуктор. На тележке машины находится затирачная головка. В нижней части вертикального вала головки закреплены затирачный диск. Привод вращения диска состоит из электродвигателя и клиноременной передачи. Подъем и опускание диска, а также управление им в процессе работы производятся вручную через рычажную систему. Для фиксации диска в верхнем нерабочем положении предусмотрен кронштейн-фиксатор.

После завершения всех технологических операций форма-вагонетка поступает на платформу снижателя и вместе с последней опускается на нижний ярус, одновременно опускается платформа подъемника. При перемещении платформы вниз двери камер, кинематически связанные через тросблочную систему с конструкцией подъемника (снижателя) и платформой, автоматически открываются с обоих торцов камеры и форма-вагонетка подается в щелевую камеру. После поступления в камеру очередной формы с изделиями и возвращения снижателя и подъемника в верхнее положение двери камеры герметически закрываются за счет хода платформы вверх. Дверь прижимается к торцам камеры посредством зацепов и клиньев, установленных на двери и взаимодействующих с роликами, закрепленными на торце камеры. Бетонные смеси подаются в цех ленточными конвейерами.

Конструктивно камера запроектирована в сборно-монолитном исполнении. Днище и стенки камеры выполнены из монолитного бетона М-200, перекрытие - из сборных железобетонных плит. По плитам уложен утеплитель и устроен пол. Такое конструктивное решение позволяет после выполнения днища и стенок камеры вести монтаж рельсового пути, регистров и другого оборудования системы теплоснабжения и автоматики камеры. В различных зонах камеры, в зави-

симости от расчетных типовых нагрузок, регистры укладываются на ее пол, навешиваются на боковые стенки, а в зоне подъема размещаются и у потолочной поверхности.

Регистры, расположенные у потолочной поверхности, крепятся с помощью поддерживающих балок, которые посредством пальцев соединены с металлическими столиками с проушинами. Такая конструкция крепления (без болтов и сварки) позволяет просто и быстро вести монтаж, а при необходимости в процессе эксплуатации и демонтаж регистров. Между собой регистры соединены резьбовыми соединениями (возможно применение сварки).

В зоне размещения виброплощадки участок перекрытия камеры выполнен монолитным. С целью создания удобства при эксплуатации во время проведения ремонтных работ на участках камеры, где нет стационарного технологического оборудования, в перекрытии камеры выполнены проемы, закрываемые крышками и обеспечивающие дополнительное освещение, приток свежего воздуха во время проведения ремонта и доступ к различным участкам камеры.

Режим тепловой обработки и параметры системы теплоснабжения способствуют получению не только требуемой прочности, но и влажности изделий. Теплоносителем в системе теплоснабжения служит насыщенный водяной пар, подаваемый в регистры с давлением 0,25 МПа. Расход тепловой энергии на камеру составляет 3,48 ГДж/ч.

Для регистров, установленных в различных зонах камеры, предусмотрены автономные питающие паропроводы, на которых имеются электрифицированные исполнительные механизмы систем автоматического регулирования процессом тепловой обработки и ручные вентили, обеспечивающие пусковую регулировку в период наладочных работ. Конденсат из регистров отводится через конденсатороотводчик в сборный конденсаторопровод и станцию перекачки конденсата, откуда насосами перекачивается к источнику тепла. Управление насосами осуществляется автоматически по датчикам уровня конденсата в баках. Для обеспечения форсированного разогрева камеры и поступающих в нее форм с изделиями в зону подъема и изотермии через перфорированные трубы подается острый пар.

Система управления всем технологическим процессом состоит из системы управления линией (комплексом механизмов, обеспечивающих выполнение в технологической последовательности всех необходимых операций) и системы контроля и управления режимом тепловой обработки (контроль и поддержание заданных температурных и влажностных параметров по зонам камеры).

Электроснабжение линии осуществляется от заводских сетей. Силовое оборудование обеспечивается напряжением 380 В, цепи управления 220 В, сигнализации - 24 В. Управление механизмами линий производится с пультов управления. На контрольном пульте установлен переключатель, разрешающий работу на дистанционном или местном режиме.

По заданному режиму управление процессом тепловой обработки изделий в камере осуществляется автоматически. Принципиальной электрической схемой предусмотрены два режима работы камеры: автоматический и местный (выбирается специальным переключателем). Температура в камере контролируется и регулируется термопреобразователями (датчиками). Подачу теплоносителя в камеру регулируют электрические исполнительские механизмы. Контроль за положением регулируемых вентилях осуществляется по сигнальным лампам. В случае прекращения подачи тепла в систему включается аварийная сигнализация.

Поскольку качество выпускаемых изделий и надежность работы всей технологической линии, а также время вывода ее на проектный режим работы в максимальной степени зависят от качества изготовления форм, в состав технологической линии входит контрольно-сборочный стенд. С его помощью осуществляется точная сборка основных узлов формы, обеспечивается во всех формах контроль за соответствием присоединительных размеров технологической документации.

При производстве наружных стеновых панелей высоким уровнем автоматизации технологических процессов характеризуется конвейерная двухветвевая линия, разработанная КБ Госстроя РСФСР и ВНИИжелезобетоном (рис. 11). Первая линия этого типа установлена в г. Одессе [4].

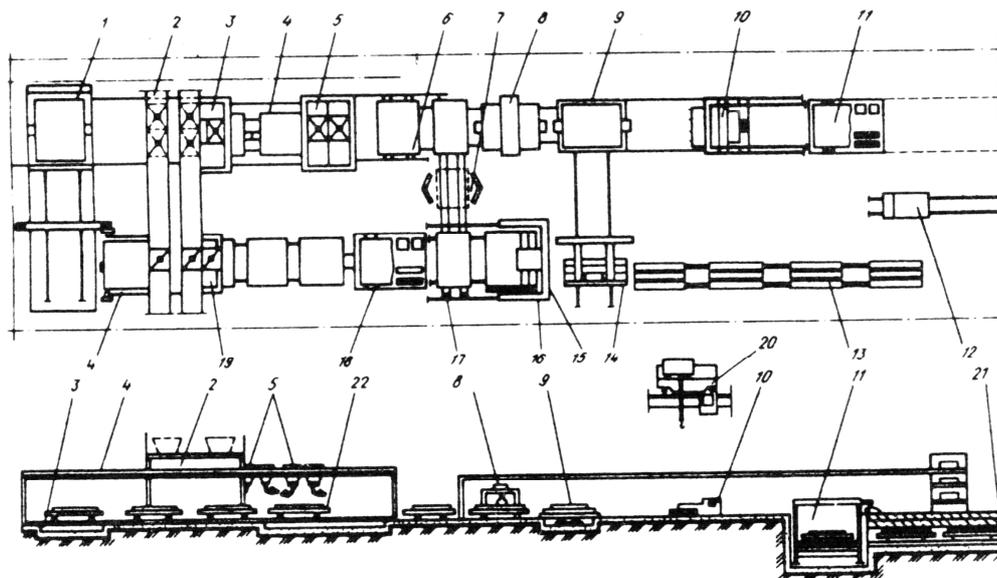
Конвейерная линия состоит из двух формовочных ветвей и двухветвевой подземной щелевой камеры тепловой обработки, выходящей за пределы производственного корпуса (под склад готовой продукции).

Формовочные ветви соединены между собой передаточной тележкой, примыкающей к формовочному цеху. Щелевая камера связана с формовочными ветвями через подъемник и снижатель.

Подача арматурных элементов к постам формования осуществляется подвесным конвейером, а их установка в формы - манипуляторами. Складирование оперативного запаса утеплителя (пенополистерола), облицовочной плитки, рельефных матриц и других материалов

осуществляется на антресоли 2-го этажа, а подача их к технологическим постам - в контейнерах специальным устройством через проем 2-го этажа.

В качестве основного формовочного оборудования на линии были установлены бетоноукладчики и подвесные, перемещающиеся по эстакаде, фактуроукладчики. Отделка и выдержка панелей производится на подвесном конвейере с катучими траверсами, их возврата и выходом на склад готовой продукции.



**Рис. 11. Двухветвевая линия по изготовлению наружных стеновых панелей (разработчик и ВНИИЖелезобетон):**

**1 - передаточная тележка; 2 - бетоновозная эстакада; 3 - подвесной бетоноукладчик; 4 - эстакада бетоноукладчика; 5 - подвесной бетоноукладчик; 6 -автомат открывания-закрывания бортов; 7 - гидropодъемник форм-вагонеток; 8 - машина чистки и смазки форм; 9 - кантователь форм-вагонеток; 10 - шлифовальная машина; 11 - подъемник-снижатель; 12 - самоходная вывозная тележка; 13 - конвейер отделки и выдержки панелей; 14 - самоходный съемник панелей; 15 - порталный манипулятор; 16 - элеваторный склад сменной борто-оснастки; 17 - передаточная каретка; 18 - снижатель-подъемник; 19 - раствороукладчик с заглаживающим органом; 20 - кран мостовой электрический; 21 - щелевая камера ТУ; 22 - виброплощадка.**

Мостовой кран предусмотрен для выполнения транспортных монтажных и ремонтных операций. В технологической линии все работы, связанные с перемещением грузов, механизуются локальными средствами на технологических постах. Для установки этой линии

предпочтение отдается пролету 24x144 м. Двухветвевая формовочная линия состоит из 15 постов. На линии предусмотрено использование нового оборудования: бетоноукладчики со сменными рабочими органами для распределения фактурных, высокоподвижных и малоподвижных бетонных смесей; выпрессовщик проеомообразователей; комплект устройств для их очистки и штабелирования; манипулятор для установки столярных изделий; универсальные машины раскрытия и закрытия бортов форм, их чистка и смазка; съемник панелей с линией и их установки на конвейер отделки; комплект устройств оперативной переналадки форм. Производительность линии 140 тыс. м<sup>2</sup> общей жилой площади в год.

Рациональная структура технологических потоков и комплексная механизация всех операций позволила значительно повысить производительность и улучшить условия труда по сравнению с отечественными и зарубежными аналогами. При этом, удельные трудозатраты могут быть снижены примерно в 1,5 раза, а эксплуатационные расходы и себестоимость производства продукции на 5-10%.

#### ***4.2. Технологические линии по производству внутренних стеновых панелей***

Внутренние стеновые (ВС) панели в крупнопанельном домостроении составляют по объему около 40%. К ним предъявляются повышенные требования по качеству поверхностей. Изготавливают ВС по горизонтальной или вертикальной схеме. Однако наибольшее распространение получила схема, реализованная в кассетной технологии.

Это обусловлено высокими технико-экономическими показателями кассетного способа производства плоских железобетонных изделий. Кассетные установки отличаются компактностью, надежностью при эксплуатации, показатели съема изделий с 1 м<sup>2</sup> производственной площади при кассетной технологии на 10-15% выше, чем на горизонтальных конвейерных линиях. Удельная металлоемкость технологического оборудования при кассетном производстве ниже на 30%, а трудоемкость - на 14%. Изделия кассетного формования имеют четкие грани, гладкие поверхности и близкие к номинальным геометрические размеры, что практически невозможно достичь при горизонтальном формовании. Вместе с тем, стационарные кассетные установки имеют ряд недостатков: низкая специализация и механизация, тяжелые условия труда.

В последующих разработках, получивших название кассетно-конвейерные линии (ККЛ) отдельные операции стандового производства расчленены с последующим выводом их на отдельные посты, позволяющие осуществить комплексную механизацию и автоматизацию основных технологических переделов. Расчетные данные показывают, что технико-экономические показатели кассетно-конвейерной технологии выше кассетно-стандового производства: металлоемкость может быть снижена на 15-35%, производственные площади уменьшены на 10-15%, а трудозатраты - на 8-15%. При этом существенно улучшаются санитарно-гигиенические условия труда производственного персонала.

Кассетно-конвейерная линия представляет собой горизонтально-замкнутый конвейер вертикального формования. На ней выполняются следующие технологические процессы: приготовление и подача бетонной смеси, формование панелей, термообработка изделий и подготовка вертикальных форм. Элементы кассетной установки могут перемещаться как по подвесному, так и по напольному конвейеру.

В отечественной практике эксплуатируются несколько типов кассетно-конвейерных линий, разработанные ЦНИИЭП жилища, ЭКБ Минуралсибстроя, институтом Гипростроммаш, НИИЖБ Госстроя СССР, НИИСП Госстроя УССР, СКТБ «Стройиндустрия» Минсевзапстроя и другими организациями.

Кассетно-конвейерные линии различаются по конструктивным признакам, в том числе по способу перемещения разделительных стенок; по технологическим признакам: способ доставки, укладки, уплотнения бетонной смеси, способ тепловой обработки (одностадийная, двустадийная), способ отделки поверхности и др. И все же основным признаком следует считать характер и способ перемещения вертикальных форм или разделительных щитов.

Все линии могут быть разделены на следующие типы:

I - линии с продольным перемещением вертикальных форм с изделиями и специализированными стационарными формовочными постами на 1-2 формы, где осуществляется формование с последующей непродолжительной (1-2 ч) термообработкой, после которой проводится частичная распалубка и перемещение изделий в камеру вторичной термообработки. Это линии СКТБ «Стройиндустрии» Минсевзапстроя СССР (в гг. Калинин, Новгороде, Кирове и т.д.), треста «Оргтехстрой» Главвладивостокстроя (завод КПД-35 Владивосток), Гипростроммаша (Кривой Рог), НИИСП Госстроя УССР (Киев, ДСК-1);

II - линии с поперечным перемещением формовочных щитов, сборно-разборным пакетом и одностадийной обработкой. Такие ли-

нии разработаны ЭКБ Минуралсибстроя СССР (завод в г. Каменск-Уральском, НИИЖБ Госстроя СССР, ЦНИИЭПжилища- Парнасский и Горьковский заводы);

III- линии со стандартным формовочным пакетом на 16-18 форм, в котором осуществляется формование и термообработка в течение 5-6 ч, после чего осуществляется полная распалубка изделий и транспортировка их в камеру термосного выдерживания до достижения необходимой прочности. Такой фрагмент линии разработан ЦНИИЭПжилища и впервые внедрен на Таллинском ДСК.

Каждый тип линий имеет свои особенности и требует индивидуального рассмотрения.

ЦНИИЭП жилища, Эстонским филиалом СКТБ «Стройиндустрия» и специалистами Калининского ДСК разработана конвейерная линия с клиновыми формами. На ней возможно получение изделий полной заводской готовности. Кроме того, снижается влияние на рабочих вредных производственных факторов (вибрация, шум, высокая температура, испарения смазки), повышается производительность труда по сравнению с обычной кассетной технологией, сокращаются удельные энергозатраты и металлоемкость, обеспечивается возможность выполнения переоснастки форм, выпуска большой номенклатуры изделий без снижения ритма работы конвейера.

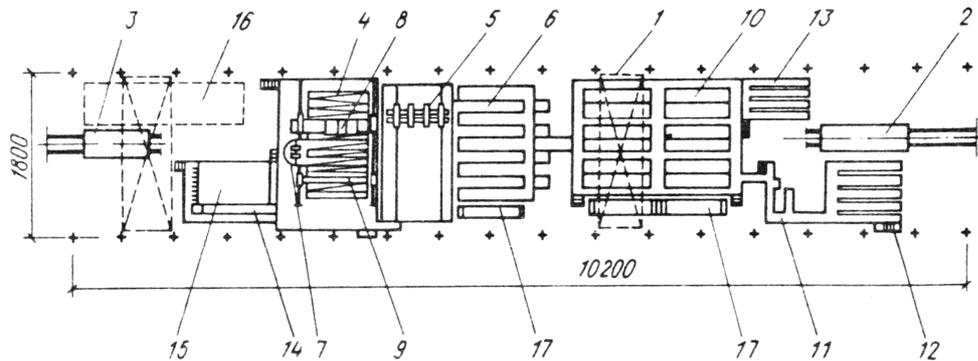
Для изготовления внутренних стеновых панелей на ДСК разработан кассетно-клиновой конвейер для 5-, 9-, 16-этажных домов серии 111-121Э в объеме 230 тыс. м<sup>2</sup> общей жилой площади в год. Конвейер размещается в пролете 18x102 м с отметкой подкранового рельса + 8,15 м.

Основным элементом конвейера (рис. 12) является неразъемный пакет клиновых тепловых щитов, собранный на жестких связях. Между тепловыми щитами образованы клиновидные полости, в которые устанавливаются двусторонние формы. Подача форм в пакет и их извлечение производится без разъема тепловых щитов с помощью передаточной тележки, что позволяет отказаться от замковых устройств и других механизмов. Перед извлечением из пакета форма с изделиями предварительно сдвигается гидравлическим выпрессовщиком. Распалубка изделий, чистка и смазка форм предусмотрены на одном из трех стационарных постов распалубки и комплектации. Четвертый пост предназначен для несложного ремонта и переоснастки форм. Посты оборудованы гидравлическими механизмами распалубки и площадками для обслуживания форм в двух уровнях. Для облегчения распалубки и ликвидации поломок изделий на формах применен

нижний качающийся борт, при оттяжке которого изделия снимаются с оснастки. Распалубленные панели устанавливаются краном в ямные камеры дозревания, так как на линии применена двухстадийная тепловая обработка.

На первой стадии изделия в пакете щитов выдерживаются в течение 5 ч с двухсторонним прогревом через щиты и формы. На второй стадии за счет аккумулированного тепла и тепла экзотермии цемента пар не подается. Поэтому камеры запроектированы утепленными с механизированными крышками. Благодаря этому достигается экономия тепловой энергии.

Продолжительность первой стадии термообработки позволяет обеспечить 50%-ю распалубочную прочность при работе на обычных бетонных смесях без их предварительного разогрева и химических добавок.



**Рис. 12. Кассетно-клиновый конвейер:**

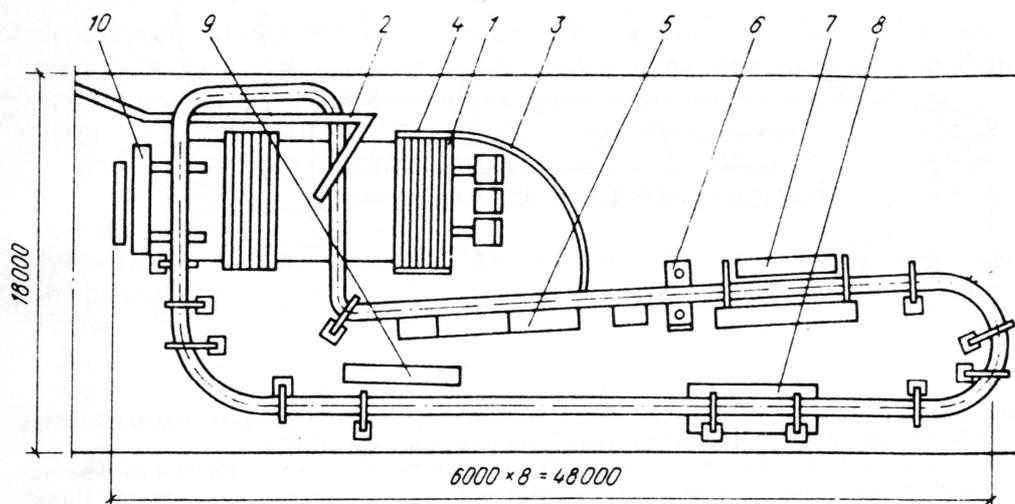
- 1 - мостовой кран; 2 - тележка для вывоза изделий; 3 - тележка для подачи материалов; 4 - пакет щитов с клиновыми формами;**
- 5 - передаточная тележка; 6 - посты распалубки и комплектации;**
- 7 - выпрессовщик; 8 - бетоноукладчик; 9 - механизм уплотнения;**
- 10 - камеры дозревания; 11 - стеллажи для готовой продукции;**
- 12 - посты ОТК; 13 - посты ремонта изделий; 14 - обгонный рольганг;**
- 15 - стеллаж для форм; 16 - участок ремонта и переоснастки форм;**
- 17 - контейнер для армокаркасов.**

Извлечение форм из пакета щитов продольной сдвижкой обеспечивает самоочищение щитов. Хороший доступ к форме при смазке практически ликвидирует налипание цементного камня. Изделия формируются в пакете щитов бетоноукладчиком с уплотнением смеси гребенкой глубинных вибраторов. Глубинная вибрация обеспечивает получение поверхности изделий высокой заводской готовности. Установка клиновидной формы в пакет до упора обеспечивает на-

дежное примыкание бортоснастки к плоскостям, уменьшает протечки цементного молока и позволяет получать грани панелей хорошего качества.

В данной линии не решаются вопросы выноса всех операций на специализированные механизированные и автоматизированные посты, в частности, чистка и смазка тепловых щитов. Кроме того, к изготовлению оборудования и его последующей эксплуатации предъявляются повышенные требования, в противном случае не будет достигнуто плотного примыкания к боковым щитам.

Многоотсечная кассетно-конвейерная линия, разработанная НИИЖБ Госстроя СССР, ЭКБ Минуралсибстроя, внедрена на Каменск-Уральском заводе ЖБИ-3 треста «Стройдеталь-70» Главсредуралстроя. Кассетная линия отличается от существующих стационарных кассетных установок снижением энерго- и металлоемкости, сокращением численности обслуживающего персонала за счет высокой механизации и автоматизации производственных процессов, повышением производительности труда. Мощность линии - 40 тыс.м<sup>3</sup> в год [6].



**Рис. 13. Кассетная линия ЭКБ Минуралсибстроя СССР (г. Каменск-Уральский): 1 - кассета; 2 - стрела бетоноукладчика; 3 - тележка сбора отходов; 4-досылатель; 5 - распалубочная тележка 6 - пост механизированной чистки; 7 - пост ручной чистки; 8 - пост смазки; 9 - пост установки армокаркасов; 10 - заталкивающая тележка.**

Линия состоит из следующих основных узлов (рис. 13): кассеты из 50 формовочных отсеков с дополнительной оснасткой; заталкивающей тележки; снимающей тележки; механизированных постов чистки, смазки и установки арматуры в формовочные отсеки; системы подвесной транспортной линии [6].

Линия работает следующим образом. Очищенная механическим способом форма, тельферными тележками по подвесной монорельсовой транспортной линии подается на пост автоматизированной смазки, затем на пост армирования. Излишки смазки стекают с отсека в поддон, расположенный под транспортируемым отсеком (до поста армирования). Арматура с транспортной арматурной тележки специальным краном-траверсой снимается и устанавливается оператором в форму. Для удобства обслуживания пост оборудован подъемной площадкой. Подготовленная форма подается по монорельсу на заталкивающую тележку (где проводится съём формы с крюков тельферных тележек), с помощью которой устанавливается на эстакаду. Таким образом, на эстакаде поочередно набирается пакет форм-отсеков, подготовленных к формованию. Тепловые отсеки чередуются с разделительными листами, на которые навешаны вибраторы для уплотнения бетонной смеси. При очередной установке формы на эстакаде заталкивающая тележка продвигает весь пакет форм на один шаг. С противоположного конца эстакады форма снимается тележкой, а изделие мостовым краном. Навеска формы на крюки тельферной тележки производится автоматически, строповка изделия - вручную. Поворотом снимающей тележки обеспечивается передача формы-отсека на транспортную подвесную линию, с помощью которой форма передается на посты подготовки. Цикл операций повторяется.

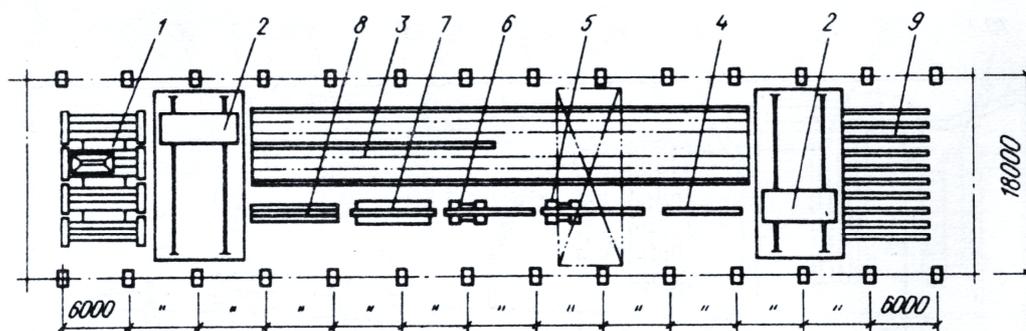
Управление линией осуществляется в полуавтоматическом и ручном режимах с пульта управления. Ручной режим обеспечивается с индивидуальных постов. Подвод пара автоматизирован. Укладка бетонной смеси производится с помощью бетонораздатчика от бетононасоса, установленного на БСУ под бетономешалкой. Производительность бетононасоса 16-40 м<sup>3</sup>/ч.

Преимущества данного способа значительны: исключается расслоение бетонной смеси, что улучшает качество изделий (сокращает количество и размер пор); экономится до 15% цемента; сокращаются непроизводительные потери времени на вспомогательные операции при транспортировке бетонной смеси к месту укладки; ликвидируются ее потери; полностью механизуются очистка бетонотранспортных средств.

На укладке бетонной смеси в кассетную линию занят один рабочий. Линия работает в суточном режиме. Ее обслуживают двое рабочих в первую смену, один рабочий во вторую смену, в третью смену производится тепловая обработка, контролируемая автоматиче-

скими приборами (КИПИА). Экономический эффект от внедрения составляет 200 тыс. руб. в год.

Кассетно-конвейерная линия, разработанная в СКТБ Минсевзапстроя и действующая на Калининском ДСК представляет собой горизонтально замкнутый напольный конвейер вертикального формования, на котором выполняются следующие технологические процессы: подача бетонной смеси, формование панелей, тепловая обработка изделий в две стадии и подготовка вертикальных форм (рис. 14).



**Рис. 14. Кассетно-конвейерная линия для изготовления плоских изделий КПД, разработанная СКТБ «Стройиндустрия» Минсевзапстроя: 1 - посты формования; 2 - передаточная тележка; 3 - туннельная камера; 4 - пост распалубки; 5 - пост чистки форм; 6 - пост смазки; 7 - пост установки армокаркасов; 8 - пост предварительного разогрева форм; 9 - посты переоснастки.**

Технологией предусматривается применение предварительно разогретой бетонной смеси в смесителе СБ-138 непосредственно у поста формования. При приготовлении смеси используется горячая вода. Подготовленная вертикальная форма с помощью передаточной тележки подается в одну из формовочных установок. Горячая бетонная смесь с температурой 40-50 °С укладывается бетоноукладчиками в формовочную установку. Тепловые отсеки установки и вертикальной формы предварительно разогреваются паром. Чистка и смазка формовочной установки осуществляется специальной машиной.

Отформованные изделия выдерживаются непосредственно в формовочной установке при температуре 80-85°С до распалубочной прочности. Затем вертикальная форма с двумя изделиями передаточной тележкой транспортируется в вертикальную туннельную камеру для вторичной тепловой обработки, откуда через 8,5 ч второй передаточной тележкой подается на первый пост конвейера подготовки для распалубки с помощью мостового крана, готовые изделия контроли-

руются на акустическом стенде, после чего передаются на транспортно-отделочную линию и вывозятся на склад готовой продукции.

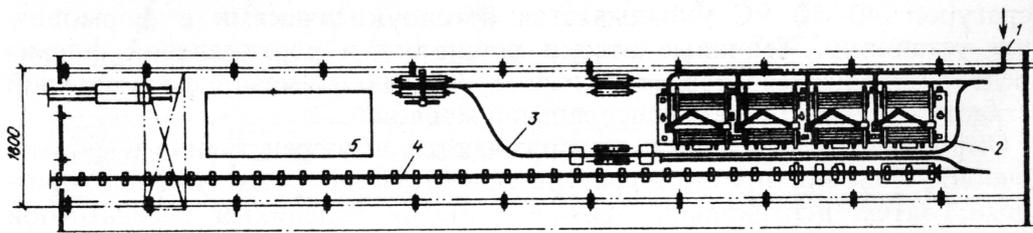
Вертикальная форма после распалубки последовательно проходит посты чистки и смазки (с помощью специальных машин), переоснастки и армирования, предварительного подогрева, затем первой передаточной тележкой устанавливаются в формовочную установку. Далее процесс повторяется. Управление работой ККЛ осуществляется с отдельно стоящих дистанционного и полуавтоматического пультов. В цехе предусмотрены места установки готовых к формованию резервных вертикальных форм. Там же, на открытых площадках без останова производства при хорошем доступе к формам выполняются переналадка, технический осмотр и профилактический ремонт.

Основное нестандартное оборудование линий: формовочные установки, бетоноукладчики, передаточные тележки, приводная машина для чистки и смазки формовочных установок, конвейер подготовки подвижных вертикальных форм, машина чистки и смазки вертикальных форм, вертикальные формы. Комплектность оборудования зависит от производительности линий, которые в настоящее время предназначены для выпуска панелей внутренних стен крупнопанельных домов серий 111-90 и 111-121.

Опыт эксплуатации линии показал, что в силу определенных технологических сложностей не удастся обеспечить проектное время термообработки изделий в самой установке, а это резко снижает производительность кассетно-конвейерной линии.

Существенными преимуществами обладает кассетно-конвейерная линия типа «Пакет», разработанная НИИЖБ Госстроя СССР совместно с ЭКБ Минуралсибстроя (рис. 15).

Линия предусматривает использование нескольких стационарных пакетов по 15-20 отсеков в каждом, расположенных внутри петли конвейера подготовки. Формовочные отсеки в пакете ориентированы вдоль продольной оси цеха. В каждом пакете осуществляется изготовление однотипных изделий (по высоте, толщине, марке бетона). В зависимости от требуемой производительности число формовочных пакетов и отсеков в линии может изменяться.



**Рис. 15. Кассетно-конвейерная линия типа «Пакет»:**

- 1 - бетононасосная подача бетонной смеси; 2 - кассетные установки; 3 - конвейер подготовки кассетных отсеков; 4 - конвейер отделки изделий; 5 - промежуточный склад.**

Перемещение формовочных отсеков может осуществляться как по рельсовым путям, установленным на эстакаде, так и на уровне пола цеха.

Каждый пакет снабжен индивидуальным сплавляющим устройством, а также устройством для распалубки изделий и передачи отсеков на конвейер подготовки. В линии предусмотрен конвейер отделки, а также транспортная линия для доставки к нему готовых изделий. Подача бетонной смеси к пакетам осуществляется с помощью бетононасосов. Уплотнение может быть осуществлено с помощью навесных или глубинных вибраторов, а также индивидуальных устройств, перемещаемых под пакетом.

Благодаря конвейерному режиму работы существенно увеличивается производительность линии, при этом выработка на одного работающего составит более 3 тыс. м<sup>3</sup>, а съём с 1 м<sup>2</sup> производственной площади 33,5 м<sup>3</sup>.

По большинству технико-экономических показателей (табл.6), условиям труда и организации производства изготовление плитных изделий КПД на кассетно-конвейерной линии типа «Пакет» превосходит другие кассетно-конвейерные линии.

При этом удельная металлоемкость производства ниже на 30%, производительность труда и съём с 1 м<sup>2</sup> производственной площади выше соответственно на 55 и 40%. На повышение эффективности кассетного производства существенное влияние оказывает модернизация арматурных работ.

Таблица 6

Показатели	Кассетно-конвейерные линии	
	«Пакет»	в г. Каменск-Уральский
Годовая производительность, тыс. в год	86,8	34,5
Предельные габариты изделий, м	6,6x2,6x0,16	6,15x2,56x0,16
Выработка на 1 чел. в год, м <sup>3</sup> /чел.	6200	5740
Трудозатраты, чел.-ч/м <sup>3</sup>	0,34	0,65
Ритм работы формовочного поста, мин.	120	300
Количество отсеков на постах формования, шт.	20x6	45
Удельная металлоемкость, кг/м <sup>3</sup>	11,5	12,4
Съем с 1 м <sup>2</sup> производственной площади, м <sup>3</sup> /м <sup>2</sup>	33,5	-

НИИЖБ совместно с СКТБ «Стройиндустрия» разрабатывает новые принципы и технические решения арматурного производства предприятий крупнопанельного домостроения и в первую очередь для кассетного производства плитных изделий.

Большая часть арматуры для основной номенклатуры изделий перерабатывается непосредственно на технологическом конвейере производства (установка ПУМА для армирования панелей наружных и внутренних стен и перекрытий) или на втором этаже, как при производстве доборных элементов. Доставка арматурной стали в цех со склада осуществляется напольным транспортом - электрокарами.

Арматурно-сварочное производство по изготовлению арматурных изделий состоит из следующих технологических операций:

- заготовительная (правка, резка, рубка, гнутье);
- сварка плоских каркасов и сеток;
- штамповка, дробеструйная обработка и металлизация закладных деталей.

Правка и резка бухтовой стали на прутки мерной длины осуществляется на правильно-отрезных станках ПСН-14 и СМЖ-357. Резку стержневой арматуры выполняют на станке типа С370, а гнутье арматуры - на станке С-146А. Гильотинные ножницы К-19-002 позволяют резать листовую и профильный металл.

Легкие и средние каркасы предусматривается изготавливать на автоматических линиях ЛСК-360У, механизированных линиях ПДС-8М

(разработка СКТБ «Стройиндустрия») и однотоочечной сварочной машине типа МТ-1818. Для сварки широких сеток используется автоматическая поточная линия на базе стационарной сварочной машины типа АТМС-14х75, модернизированной СКТБ «Стройиндустрия».

Транспортировка готовых арматурных изделий в формовочные пролеты осуществляется подвижными цепными конвейерами.

Новый, наиболее технологический принцип армирования основных типов конструкций - метод навивки прямо из бухт с применением соответствующего манипулятора ПУМА непосредственно в технологическом конвейере, требующий принципиального изменения армирования панелей наружных и внутренних стен и перекрытий. Конструкция арматурного каркаса панели образуется методом навивки арматуры на фиксаторы формы (матрицы). Создание машин типа ПУМА позволяют решить проблемы навивки проволочных спиралей на матрицы-вагонетки касетно-конвейерных линий для изготовления плитных изделий.

За счет отказа от сварочных работ наиболее полно используется несущая способность арматурных стержней, в результате чего уменьшается расход металла.

#### ***4.3. Роторно-конвейерные технологические линии по производству железобетонных изделий***

Для повышения эффективности производства сборного железобетона необходимы коренная реконструкция и техническое перевооружение отрасли. При этом необходимы новые технологические схемы производства, прогрессивные технологии и оборудование, использование манипуляторов, роботов и средств вычислительной техники.

Результаты работ японских исследований, посвященных анализу состояния и тенденций использования роботов и манипуляторов в строительстве и промышленности сборного железобетона, показывают, что основными причинами, сдерживающими внедрение робототехники в стройиндустрии являются:

- чрезвычайно широкая номенклатура изделий;
- значительные размеры и масса строительных деталей;
- большое разнообразие, сложность и широкий диапазон производственных операций;
- слабая обратная связь между производителями и разработчиками;
- невозможность улучшения или изменения процесса производства и конструкций из-за существенных нормативных ограничений.

Тем не менее, промышленные роботы и манипуляторы в сочетании с микропроцессорной техникой являются в настоящее время одним из наиболее перспективных и универсальных средств комплексной механизации и автоматизации различных технологических процессов.

Анализ технологических схем производства, выполненный НИИЖБом совместно с ВНИИжелезобетоном и Днепропетровским филиалом Научно-исследовательского института строительного производства (ДФ НИИСП) с целью повышения уровня автоматизации изготовления железобетонных и бетонных изделий, позволяет отметить перспективность круговых - роторных конвейеров [4].

Технологический процесс на роторно-конвейерных линиях непрерывен: здесь нет холостого хода, остановок между промежуточными операциями, ротор работает синхронно. В этих линиях заложены большие потенциальные возможности. И прежде всего - возможность автоматизации производства мелкогабаритных изделий.

Передовыми зарубежными фирмами Франции и Англии освоено производство бетонных и железобетонных изделий на многоцелевых автоматизированных роторно-конвейерных линиях по способу «Боркоман». В частности, фирма «Маген» (Франция) на этих линиях изготавливает колонны, сваи, шпалы, перегородки, перемычки, ступени, желоба, бордюрные камни, плиты, траверсы и др. Основными преимуществами роторно-конвейерной линии, по мнению специалистов фирмы «Маген», являются:

- небольшие капитальные вложения при широкой номенклатуре выпускаемой продукции;
- снижение эксплуатационных расходов благодаря автоматизации производства;
- быстрая взаимозаменяемость форм;
- повышение качества изделий;
- возможность перемещения оборудования с одной стройки на другую (мобильность).

Производительность линий очень высока и в среднем составляет:

- колонны - от 50 до 100 шт/ч
- перемычки - от 60 до 120 шт/ч
- желоба - от 100 до 200 м/ч
- плиты - 60 м<sup>2</sup>/ч
- траверсы - 30 шт/ч

Из отечественных разработок аналогом роторно-конвейерных линий могут рассматриваться линии, созданные ДФ НИИСП Госстроя

УССР совместно с НИИЖБ Госстроя СССР для производства блоков стен подвалов и фундаментных плит (рис. 16).

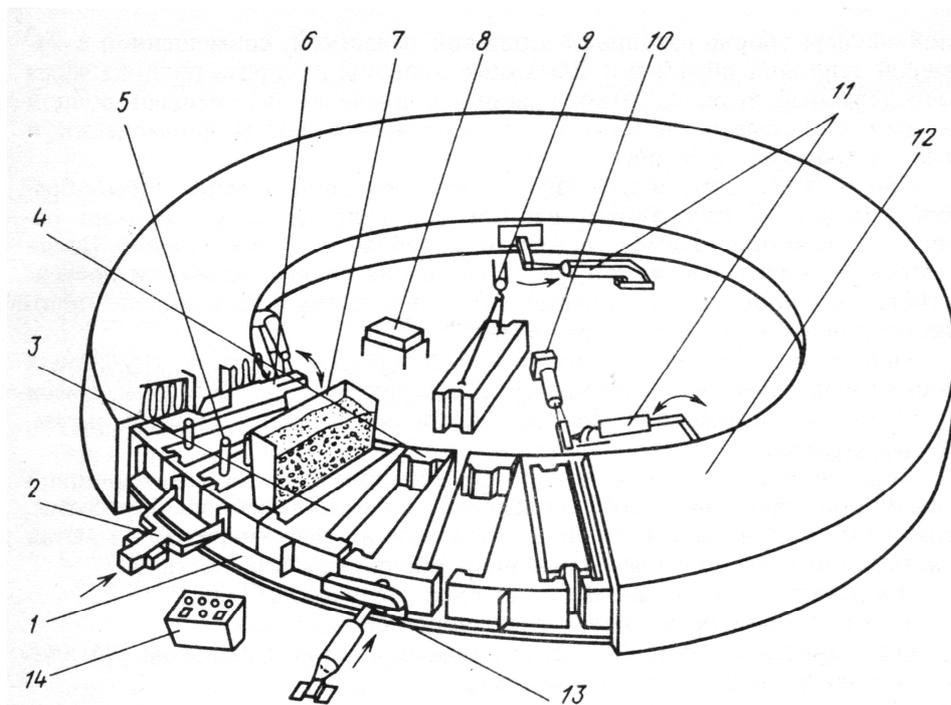
Роторный конвейер представляет собой металлический кольцевой поворотный поддон, размещенный на рельсовом пути, с установленной на нем сборно-разборной клиновой оснасткой, совмещенной с камерой тепловой обработки. Рычажные приводы поворота поддона через определенный интервал (цикл работы конвейера) перемещают поддон вместе с формами через все технологические посты формования и набора прочности изделий.

При выходе очередного изделия из кольцевой камеры термообработки механизм распалубки при помощи гидроцилиндра сдвигает радиально клиновой элемент оснастки, освобождая от нее изделие. После чистки и смазки элементов форм механизм сборки опалубки посредством гидроцилиндра возвращает клиновой элемент в исходное положение для последующего формования. Уплотнение бетонной смеси осуществляется блоком глубинных вибраторов, который опускается и извлекается из бетонной смеси с помощью гидроцилиндров. Это позволяет снизить уровень шума и энергозатраты.

Кольцевой поворотный поддон с расположенной на нем клиновой опалубкой проходит через кольцевую камеру тепловой обработки, при этом три четверти поддона расположены в камере, а открытая часть поддона проходит через основные технологические посты.

Достоинства этих линий заключаются в следующем:

- эксплуатация в бескрановых производственных цехах;
- оптимальная компоновка формовочных постов с выносом 3/4 длины конвейера за пределы здания цеха;
- обеспечение условий для максимальной автоматизации технологических процессов (ликвидация передаточных тележек и тяговых механизмов на торцах конвейеров и достижение оптимально-согласованного ритма выполнения технологических операций на всем конвейере;
- использование энергосберегающих технологий тепловой обработки бетона;
- быстромонтируемость технологического оборудования и строительных конструкций.



**Рис. 16. Роторно-конвейерная линия для производства блоков стен подвалов: 1 - кольцевой поворотный поддон; 2 - механизм фиксации; 3 - клиновидная опалубка; 4 - короб-опалубка торца; 5 - вибропакет; 6 - механизм установки петель; 7 - накопительный бункер; 8 - гидростанция; 9 - механизм съема блоков; 10 - механизм распалубки; 11 - рычажный привод поворота поддона; 12 - кольцевая камера термообработки; 13 - механизм сборки опалубки; 14 - пульт управления**

В настоящее время роторно-конвейерные линии по производству блоков стен подвалов внедрены в г. Каховка на заводе ЖБИ им. 50-летия СССР ПО «Укрводжелезобетон» Минводхоза УССР, в г. Черкассы ПО «Черкассжелезобетон» Минпромстроя УССР, в г. Житомире ПО «Сельстройиндустрия» Укргропрома и др.

Анализ технико-экономических показателей наиболее прогрессивных конвейерных линий по производству блоков стен подвалов и фундаментных плит, приведенный в табл. 7, позволяет отметить высокую конкурентоспособность роторно-конвейерных технологических линий и целесообразность их широкого внедрения для производства блоков стен подвалов, общий объем производства которых в стране составляет 4,2 млн.м<sup>3</sup>.

Проектным институтом № 2 Госстроя СССР по техническому заданию, подготовленному совместно с НИИЖБ и ДФ НИИСП, разработан экспериментальный рабочий проект цеха с автоматизированной роторно-конвейерной технологической линией по изготовлению дорожных плит производительностью 24 тыс.м<sup>3</sup> в год.

Таблица 7

Наименование показателей	Конвейерная линия Луцкого завода ЖБИ-2 (разработчик КФ КТБ «Стройиндустрия» Минюгстроя)	Роторно-конвейерная линия (разработчик ДФ НИИСП, НИИЖБ)
Годовая производительность, тыс.м <sup>3</sup>	20	20
Количество рабочих в смену, чел.	3	2
Масса технологического оборудования, т	72	65
Удельная металлоемкость, кг/м <sup>3</sup>	3,6	3,25
Производственная площадь, м <sup>2</sup>	1397	216
Съем с 1 м <sup>2</sup> производственной площади, м <sup>3</sup>	14,3	92,6
Цикл формования, мин.	15	5-10
Вид бортоснастки	Распалубка	Клиновое опалубка
Продолжительность термообработки, ч	16	12
Годовой расход электроэнергии, Гкал	4243	2700
Установленная мощность, кВт·ч	113,9	20
Сметная стоимость линии, тыс.руб.	345,5	117,59
Срок окупаемости, год	4,4	1,3

Сравнительная характеристика роторно-конвейерной и конвейерной (традиционной) технологических линий приведена в табл. 9. Как видно из табл. 8, замена традиционной схемы конвейерного производства на роторную - позволяет:

- увеличить выработку на 1 рабочего в 1,8 раза;
- снизить удельную металлоемкость оборудования в 4 раза;
- увеличить съем с 1 м<sup>2</sup> производственной площади в 4,5 раза;
- сократить удельный расход электроэнергии в 5,3 раза.

Таблица 8

Показатели	Роторно-конвейерная линия (новая техника)	Конвейерная линия Гипростром-маша (аналог)
1	2	3
Годовая производительность, тыс.м <sup>3</sup>	24	24
Количество рабочих в смену, чел.	5	9
Выработка на 1 рабочего в смену, м <sup>3</sup>	9,7	5,4
Масса технологического оборудования, т	127	512
Удельная металлоемкость производства, кг/м <sup>3</sup>	5,3	21,3
Площадь цеха, м <sup>2</sup>	432	1944
Съем с 1 м <sup>2</sup> производственной площади, м <sup>3</sup>	55,6	12,3
Удельный расход технологического пара, т/м <sup>3</sup>	0,2	0,168
Удельный расход электроэнергии, кВт, т/м <sup>3</sup>	1,531	8,092
Годовой экономический эффект (по сравнению с аналогом), тыс. руб.	100	-

НИИЖБом Госстроя СССР выполнен анализ технико-экономических показателей изготовления железобетонных изделий по роторной технологии. Результаты анализа представлены в таблице 9.

Таблица 9

Министерство, место внедрения	Разработчик	Изготовитель	Производительность, м <sup>3</sup> /год	Кол-во обслуживаемого персонала, чел.	Выработка на 1 рабочего, м <sup>3</sup> /год	Удельная		Примечание
						Металлоемкость, кг/м <sup>3</sup>	Энергоемкость, кВт·ч/м <sup>3</sup>	
Минстрой БССР								
Минское объединение индустриального домостроения КПД №1 Минск (сантехкабины с встроенными вентблоками)	КБ Минского объединения индустриального домостроения	Машиностроительные 3-ды министерств и ведомств Минска	8,6* 17,24	60 87	144 196	39,9 52,6	32 39	С учетом отделки комплекта цинки
Минское объединение индустриального домостроения КПД №3, Минск	То же	То же	10,62	47	226	58,6	42	То же
ДСК, Гродно (сантехкабины, шахты лифтов)	КБ «Стройиндустрия» Минюлстроя СССР	ПО «Строймаш» Минстроя БССР	7,21	19	380	58,6	45	-
ДСК, Могилев	То же	То же	5,76	25	231	79,5	55	Введена в 1985 г.
Минуралсибстрой СССР								
ДСК, Свердловск (вентблоки)	ГПТКИ «Индустрой проект» Минстрой-материалов СССР	Завод «Уралмаш» Свердловск	16	14	1143	11,4	-	-

Минсевзапстрой СССР								
ОП ДСК, Калинин (сантехкабины, шахты лифтов)	СКТБ «Строймеханизация» Минсевзапстрой СССР	Московский завод объединения «Стройтехника» Минсевзапстрой СССР	12,5	12	1042	20,6	6,4	-
Минвостокстрой СССР								
Завод ЖБИ №2, Хабаровск (сантехкабины)	Трест «Оргтехстрой» Главдальстроя	Завод «Ремстроймаш» Хабаровск	8,16	7	1165	25,9	32	Проект
Госагропром БССР								
Объединение «Белсельстрой» г. Молодечно (сантехкабины)	КТГ «Стройиндустрия» Минногстроя СССР	Пинский Литейномеханический завод объединения «Белсельстрой»	5,2	24	153	91,5	-	С учетом отделки и комплектации
Минводхоз СССР								
Завод ЖБИ им. 50-летия СССР, г. Каховка (блоки стен подвалов)	Днепропетровский филиал НИИСП Госстроя УССР	Каховский ОЭМЗ Минводхоза СССР	20* 12,9	4 3	5000 4300	3,3 3,3	1,2 2,3	-
Минкомунхоз Литовской ССР								
Экспериментальный завод строительных конструкций, г. Кретинга (тротуарные плитки)	НИЛ ФХММиТП Главмоспромстройматериалов	Опытно-механический завод Главмоспромстройматериалов	7,0	2	3500	4,3	6,9	-

\*Над чертой – проектные данные, под чертой – фактические.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Вобщем объеме сборного железобетона около 80% составляют плоские и линейные элементы, что позволяет осуществлять специализацию и концентрацию производства для создания автоматизированных линий. При разработке таких линий возникают проблемы, связанные с отдельными технологическими операциями.

Приготовление бетонной смеси - одна из важнейших технологических операций, которая поддается полной автоматизации. В настоящее время необходимо провести модернизацию бетоносмесительных узлов (БСУ) с использованием новых, в том числе высокоскоростных смесителей, дозаторов с тензометрическими датчиками, узлов приготовления и активации добавок. Смесительное оборудование по возможности должно обеспечивать активацию всех составляющих бетонной смеси.

При производстве арматурных работ находит широкое применение сварочное оборудование. При этом снижение трудоемкости арматурных работ может быть достигнуто за счет следующих мероприятий:

- унификация арматурных изделий при уменьшении количества типоразмеров сборных железобетонных изделий (сокращение типоразмеров железобетонных изделий в 2-3 раза уменьшит количество типоразмеров арматурных изделий в 10-15 раз);

- автоматизация арматурных работ при изготовлении всех видов сварных арматурных сеток и каркасов, а также закладных деталей;

- автоматизации работ по производству предварительно напряженных конструкций с применением арматурно-намоточных машин, особенно с использованием стальных канатов малого диаметра 7-6 мм, а также спирального армирования.

В последние десятилетия для уплотнения бетонных смесей созданы технологические основы и разработано низкочастотное оборудование в частотном диапазоне 10-25 Гц и в технологии сборного железобетона наметились две тенденции:

- первая (наиболее широко распространенная) связана с использованием подвижных и литых смесей и применением пластифицирующих добавок. Для формования изделий по этой технологии можно рекомендовать любой вид низкочастотного оборудования и прежде всего с симметричными колебаниями;

- вторая тенденция - рассматривает применение жестких смесей с целью сокращения парка форм. Для такой технологии в базовом варианте виброоборудования использован двухчастотный режим работы (низкие частоты - при уплотнении подвижных смесей; а низкие и средние - при уплотнении жестких смесей);

- весьма удачными для изготовления дорожных конструкций из мелкозернистого бетона являются управляемые режимы с вибропрессованием.

Одним из наиболее эффективных методов интенсификации твердения бетона следует считать электротермообработку для районов с континентальными суровыми зимами. В районах южнее 50° северной широты, при реконструкции предприятий сборного железобетона, должны широко применяться технологические схемы производства с использованием гелиотехнологии и комбинированной технологии с дублирующим источником – электрической энергии.

Техническое перевооружение предприятий сборного железобетона необходимо осуществлять на основе создания линий, обеспечивающих выработку на 1 чел. не менее 550 м<sup>3</sup> сборного железобетона в год. Прежде всего, это высокомеханизированные и автоматизированные технологические линии конвейерного типа: роторно-конвейерные, кассетно-конвейерные и полуконвейерные. При техническом перевооружении предприятий сборного железобетона целесообразно также предусматривать развитие роторно-конвейерной технологии, позволяющей устранить ряд недостатков, присущих традиционным схемам конвейерного производства и создать условия для полной автоматизации технологических процессов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Демянюк П.А.*- руководитель отдела сборного железобетона Госстроя СССР; *Гусев Б.В.* – руководитель лаборатории Совершенствования заводской технологии НИИЖБа Госстроя СССР. Перспективы развития заводской технологии железобетона. Труды конференции «Новое в технологии сборного железобетона». Москва, 1985. С. 3-11.

2. *Гусев Б.В., Аксельрод Е.З. \**, *Бузинов В.М.\*\**, *Долинский Ю.И.\*\*\**, *Щелоков Н.А.\*\*\*\** Предложения по совершенствованию предприятий крупнопанельного домостроения / Бетон и железобетон. 1987, №4. С. 5-8.

\*- НИИЖБ Госстроя СССР;

\*\* - ПИ-2 Госстроя СССР;

\*\*\* - ВНИИжелезобетон Минстройматериалов СССР;

\*\*\*\* - КБ по железобетону Госстроя РСФСР.

3. *Гусев Б.В.* Техническое перевооружение предприятий стройиндустрии. Технический прогресс в строительстве. Москва: Знание, 1988. С. 3-46.

4. *Гусев Б.В., Цыро В.В., Аксельрод Е.З., Тянь В.А.* Гибкая технология крупнопанельного домостроения. Москва: Стройиздат, 1991. 192 с.

5. *Гусев Б.В., Соколов В.Ф.* Отделка поверхностей железобетонных изделий. Москва: Стройиздат, 1988. 39 с.

6. *Gusev B.* Major trends in development of automated precast reinforced concrete production lines in USSR. «Production line automation in the concrete element factories». Helsinki, ESPOO, 1990, P. 39-56.

7. *Bołtryk M., Gusev B.* Technologia formowania prefabrykatów betonowych. Polska, Białystok, Politechnika, 1990, 207 p.

8. *Гусев Б.В.* Исторический опыт и основные направления развития промышленности сборного железобетона в СССР (1981-1991 гг.) (Технологическая платформа). Москва, Ижевск, 2015. 90 с.

## СОДЕРЖАНИЕ:

ВВЕДЕНИЕ .....	2
ПРИНЯТЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ: .....	5
1. ПРОИЗВОДСТВО СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА И РАСШИРЕНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ ВИДОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ И СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ ЛИНИЙ .....	7
2. НОВЫЕ КОМПОНОВОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОТОКОВ ПРЕДПРИЯТИЙ КРУПНОПАНЕЛЬНОГО ДОМОСТРОЕНИЯ	13
3. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА АРМАТУРНЫХ РАБОТ .....	23
4. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ЛИНИИ ПО ПРОИЗВОДСТВУ СБОРНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОНА.....	29
4.1. Технологические линии по производству наружных стеновых панелей.....	29
4.2. Технологические линии по производству внутренних стеновых панелей.....	48
4.3. Роторно-конвейерные технологические линии по производству железобетонных изделий .....	58
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	66
ЛИТЕРАТУРА.....	68

Подписано в печать 06.05.2015. Формат 60×84/16.  
Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 4,3. Уч.-изд. л. 4,6.  
Тираж 1000 экз. Заказ № 595.

Издательский дом «КИТ»  
г. Ижевск, ул. Орджоникидзе, 1а