

УДК 001.895: 004.9: 625.7: 681.518

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ CALS-ТЕХНОЛОГИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ ПРОЦЕССОВ ПОЛУЧЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ПРОПИТОЧНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Г.Г. Приоров, А.Н. Глушко

НИЦ «Курчатовский институт» - ИРЕА

А.М. Бессарабов

АО Научный центр «Малотоннажная химия»

Применение CALS-технологий для автоматизированной разработки современного промышленного производства имеет неоспоримые преимущества. На основе таких информационных CALS-технологий разработано модульное производство ресурсосберегающих дорожных пропиток. В архитектуру CALS-системы автоматизированного проектирования заложены все этапы разработки технологического регламента. Рассмотрена конструкторская документация всей технологической схемы и отдельных аппаратурных модулей (загрузка битума; нагрев битума и нефтеполимерной смолы, приготовления вяжущего компонента, приготовления пропиточной композиции). В информационный CALS-проект технологического регламента занесены общие чертежи всего опытно-промышленного производства, чертежи отдельных модулей (узлов), а также наиболее важные элементы модулей (пассивный смеситель, активный смеситель и др.).

Ключевые слова: CALS-технологии, автоматизированное проектирование, дорожные пропитки, модульное производство.

Введение

Расширение сети автомобильных дорог, вызванное постоянным ростом автомобильного парка, увеличением объема грузооборота и перевозок пассажиров, предъявляет все более высокие требования к содержанию автомагистралей и обеспечению безопасности движения по ним. Решение этой проблемы связано с поддержанием дорожных покрытий в оптимальном состоянии с помощью специализированных химических соединений [1].

Покрытия автомобильных дорог в процессе эксплуатации находятся под воздействием, главным образом, двух групп факторов – погодноклиматических и механических, обусловленных нагрузками от транспортных средств. Под воздействием этих факторов происходят необратимые изменения свойств и структуры асфальтобетона в слое покрытия, снижающие его долговечность. Профилактические меры на асфальтобетонных покрытиях целесообразно проводить для предотвращения уско-

ренного «старения» (что характерно для используемых в нашей стране битумов) и предотвращения разрушений [2].

Анализируя имеющуюся на данный момент информацию по вопросу защиты дорожного покрытия, можно сделать вывод о том, что одним из наиболее эффективных и экономически выгодных является способ пропитки верхнего слоя дорожного покрытия специальным пропиточным составом. При этом было установлено, что составы разнятся между собой, как по составу и основным физико-химическим характеристикам компонентов, так и по технологическим и эксплуатационным свойствам [3].

Разработанная нами защитная пропиточная композиция служит для защиты поверхности асфальтобетонных дорог от негативных воздействий [4]. Композиция поддерживает низкое водонасыщение поверхностного слоя асфальтобетонного покрытия, а также восстанавливает поверхностный слой вяжущего компонента, используемый при строительстве дорог.

Композиция может применяться сразу после укладки дорог для обеспечения гидрозащиты некачественно уложенных участков. Созданная опытно-промышленная установка предназначена для получения защитных композиций заданного состава в количествах, достаточных для проведения расширенных испытаний на выделенных участках дорожного покрытия.

1. Создание опытно-промышленной установки

В соответствии с проектом Минобрнауки России № 14.579.21.0025 по теме «Создание технологии производства пропиточных композиций, защищающих дорожные асфальтобетонные покрытия от негативных воздействий природного и техногенного характера для снижения ресурсоемкости их эксплуатации» была создана опытно-промышленная установка (рис. 1).

Разработанная модульная установка соответствует требованиям технического задания и обладает следующими характеристиками: производительность по пропиточной композиции не менее 20 кг/час; узел нагрева битума обеспечивает нагрев битума до 150 °С за время не более 2 часов; термостатирование реакционной емкости обеспечивает заданную температуру от 180 до 220 °С в пределах 10 °С; модуль нагрева обеспечивает нагрев подаваемого битума в реакционную ёмкость до 200 °С и выше; модуль охлаждения вязущего компонента обеспечивает охлаждение массы до температуры не выше 130 °С.

Кроме основных требований технического задания установка удовлетворяет и дополнительным требованиям, повышающим ее технологичность:

1. Узел нагрева битума включает узел нагрева нефтеполимерной смолы.

2. Конструкция реакционного узла обеспечивает полную выгрузку модифицированного битума.

3. Температура массы после смешения с растворителем не бывает меньше 100°С.

4. Смешение является двухступенчатым:

- пассивное, на основе сужения-расширения потока и деления-соединения (первичная гомогенизация);
- активное, на основе перемешивания механической мешалкой для окончательной гомогенизации (вторичная гомогенизация).

Опытно-промышленная установка по получению защитной пропиточной композиции основана на процессе модификации битума в условиях непрерывного реактора идеального смешения. Данный режим модификации наиболее легко масштабируем, не требует повышенной мощности электронагревательного оборудования и легко контролируется.

Проведенные нами экспериментальные исследования на модели проточного реактора выявили два основных варианта непрерывного процесса, при которых получается вязущий компонент, с требуемыми свойствами: уменьшение количества нефтеполимерной смолы до 10% или снижение температуры модификации до 175°С. Оба варианта получения вязущего компонента могут быть реализованы на опытно-промышленной установке.

Установка состоит из четырех основных аппаратных модулей (узлов): узел загрузки битума; узел нагрева битума и нефтеполимерной смолы (НПС); узел приготовления вязущего компонента; узел приготовления пропиточной композиции.



Рис. 1. Электронный документ: «Общий вид опытно-промышленной установки для получения дорожных пропиток»

Два узла установки (загрузки битума и нагрева битума и НПЦ) независимы. Узел приготовления вяжущего компонента и узел приготовления пропиточной композиции зависят друг от друга, имеют общее оборудование и оснащены системой управления, которая контролирует включение/выключение узла приготовления пропиточной композиции в зависимости от состояния технологического процесса в узле приготовления вяжущего компонента.

Процесс загрузки битума состоит из следующих стадий: разогрев битума в бочке и подача битума в соответствующую емкость. Разогрев битума в бочке осуществляется с помощью трех бочковых силиконовых нагревателей с нерегулируемым нагревом и защитой от перегрева поверхности нагревателя. Подачу битума из бочки осуществляется с помощью центробежного насоса, позволяющего перекачивать жидкости, имеющие температуру до 200°C.

2. Разработка CALS-проекта технологического регламента установки

Разработка высокоэффективного производства защитных пропиточных композиций для дорожных асфальтобетонных покрытий осуществлялась в рамках наиболее современной и перспективной системы компьютерной поддержки –

CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life-cycle Support - непрерывная информационная поддержка жизненного цикла изделия или продукта) [5]. В основе концепции CALS лежит комплекс единых информационных моделей, стандартизация способов доступа к информации и ее корректной интерпретации. Основное содержание концепции CALS, которое принципиально отличает ее от других, составляют инвариантные понятия, которые реализуются (полностью или частично) в течение жизненного цикла изделия [6]. Нами были подробно рассмотрены основные этапы компьютерного описания жизненного цикла (ЖЦ) изделия в концепции CALS. Основное внимание при рассмотрении этапов ЖЦ (маркетинг, разработка-проектирование, производство, реализация и эксплуатация) было уделено разработке и проектированию.

Наибольшее внимание в данной работе уделено разработке технологического регламента, в основе информационной структуры которого лежит «Положение о технологических регламентах производства продукции на предприятиях химического комплекса». Это «Положение» устанавливает состав, порядок разработки, оформления и утверждения технологических регламентов производ-

ства продукции химического комплекса на предприятиях независимо от их организационно-правовой формы собственности.

В разработанной типовой структуре технологического регламента производства дорожных пропиток выделены следующие 14 подкатегорий (рис. 2): общая характеристика производств; характеристика производимой продукции; характеристика исходного сырья, материалов, полупродуктов энергоресурсов; описание технологического процесса и схемы; материальный баланс; нормы расхо-

да основных видов сырья, материалов и энергоресурсов; нормы образования отходов производства; контроль производства и управление технологическим процессом; возможные неполадки в работе и способы их ликвидации; охрана окружающей среды; безопасная эксплуатация производства; перечень обязательных инструкций; чертеж технологической схемы производства; спецификация основного технологического оборудования и технических устройств, включая оборудование общего назначения [7].

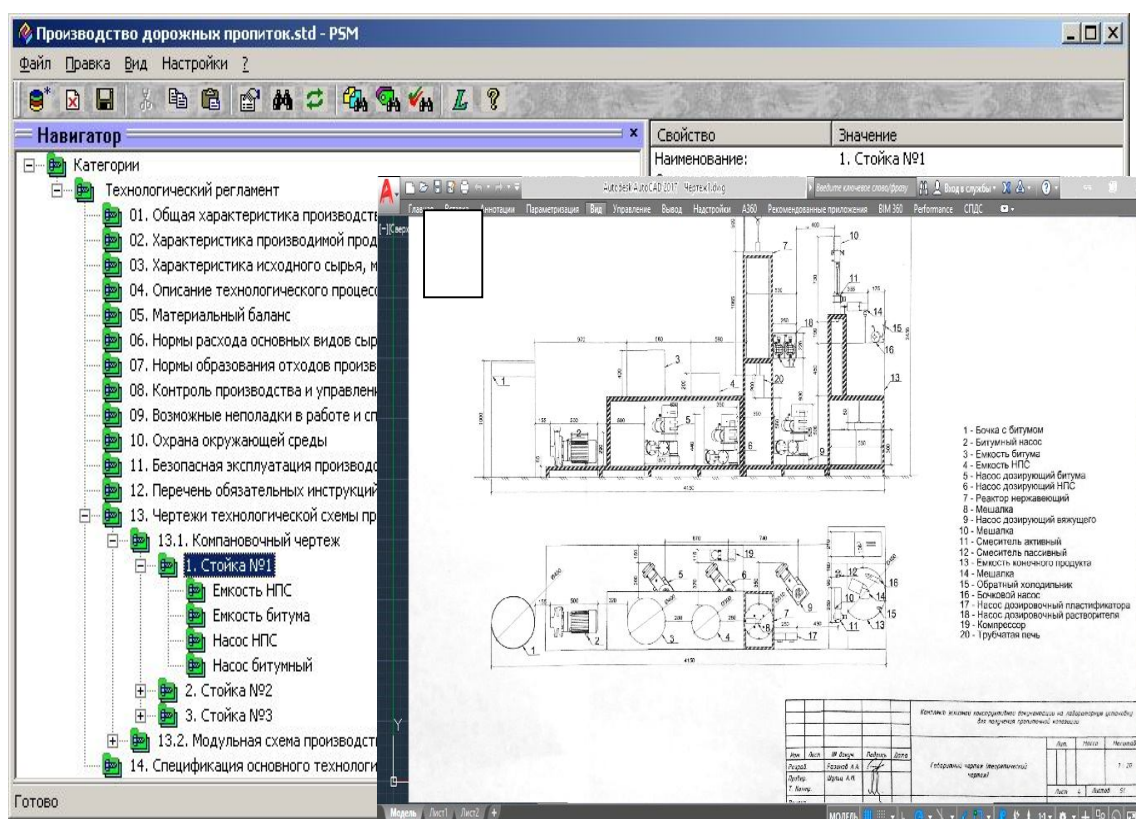


Рис. 2. CALS-проект технологического регламента опытно-промышленной установки (а – компоновочный чертеж)

В приведенном элементе информационного CALS-проекта рассматривается 13-я подкатегория технологического регламента – чертежи технологической схемы производства. Первый конструкторский документ этой подкатегории – компоновочный чертеж технологической схемы (рис. 2-а).

Компоновка опытно-промышленной установки выполнена на трех стой-

ках из металлического профиля. На первой стойке располагается следующее технологическое оборудование: емкости битума и НПС; дозировочный насос битума; дозировочный насос НПС. Стойка для оборудования двухуровневая. На нижнем уровне располагаются насосы, на верхнем уровне емкости. Нижний уровень расположен рядом с верхним. Такое расположение предлагается в связи с не-

обходимостью настройки и калибровки дозирующих насосов, их периодическому обслуживанию. Расположение емкостей на верхнем уровне обусловлено необходимостью визуального контроля уровня битума и НПС при заполнении емкостей.

На второй стойке расположено следующее оборудование: реакционная емкость с перемешивающим устройством; дозирующий насос вяжущего компонента; дозирующий насос пластификатора; дозирующий насос нефтяного растворителя; нагреватель смеси битума и НПС; компрессор. Под реакционной емкостью предусмотрено место для расположения подъемного столика и емкости для калибровки насосов.

На третьей стойке располагаются емкости растворителя и пластификатора, емкость готового продукта с перемешивающим устройством, смеситель пассивный и смеситель активный с мешалкой. Стойки расположены на расстоянии 60 см от стены помещения для обеспечения доступа к насосам, емкостям с растворителем и пластификатором. В информационный CALS-проект технологического регламента занесены общие чертежи всего опытно-промышленного производства, чертежи отдельных модулей, а также наиболее важные элементы модулей.

3. CALS-проекты модульных узлов технологической схемы

Подкатегория CALS-проекта «13.2. Модульная схема производства» разбита на четыре блока (рис. 3). Подготовка исходных компонентов осуществляется в двух узлах (блоках): узле загрузки битума; узле нагрева битума и НПС.

Приготовление пропиточной композиции происходит в узле приготовления пропиточной композиции. Узел загрузки битума предназначен для подачи битума в емкость битума из потребительской тары – бочки. Разогрев битума в бочке планируется заранее, поскольку перекачка битума возможна только через несколько часов. В основной технологический процесс время на разогрев не вхо-

дит. При непрерывной ежедневной работе установки в 1-2 смены, нагрев бочки осуществляется постоянно, а загрузка битума в емкость битума – периодически. При работе с новой бочкой, после размягчения битума в бочку погружают гибкую металлическую трубу и закрепляют ее на жестком трубопроводе битума.

По достижении температуры битума в бочке заданного значения, включают битумный насос и открывают кран для заполнения емкости битума (визуальный контроль).

Узел нагрева битума и НПС (рис. 3-а) является подготовительным, поскольку в нем происходит нагрев битума и НПС до температуры дозирования этих компонентов. Нагрев битума и НПС осуществляется в емкостях Е-10 и Е-15 соответственно. Емкости оснащены нагревателями Н-12 и Н-16 соответственно, которые обеспечивают нагрев битума и НПС до температуры дозирования.

Для оценки равномерности прогрева слоя, близкого к точке забора битума и НПС, емкости оборудованы ручными перемешивающими устройствами (рис. 3-а, поз. М-11 и М-17 соответственно), позволяющими вертикально перемешивать слой битума или НПС рядом с точкой забора.

Нагрев осуществляется с автоматическим контролем температуры битума и НПС, контролем перегрева нагревательного элемента.

Основной процесс – модификации битума проводится в узле приготовления вяжущего компонента (рис. 4). Битум и НПС поступают по обогреваемым трубопроводам (рис. 4-а, поз. ТБ-13 и ТБ-18 соответственно) в дозировочные насосы (поз. НД-19 и НД-20).

Дозировочные насосы оборудованы нагревательной рубашкой и защищены от включения при температуре ниже 130°C. При достижении битумом и НПС заданной температуры, насосы НД-19 и НД-20 включаются вручную и начинается подача битума и НПС в реакционную емкость Р-25.

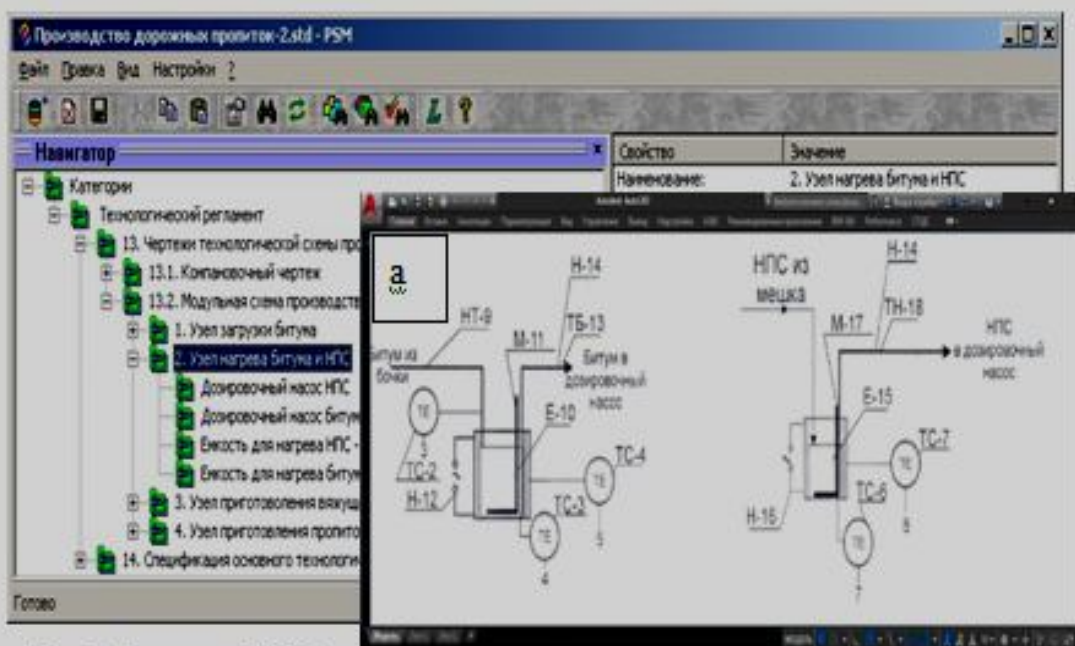


Рис. 3. Элемент CALS-проекта технологического регламента (а - узел нагрева битума и нефтеполимерной смолы).

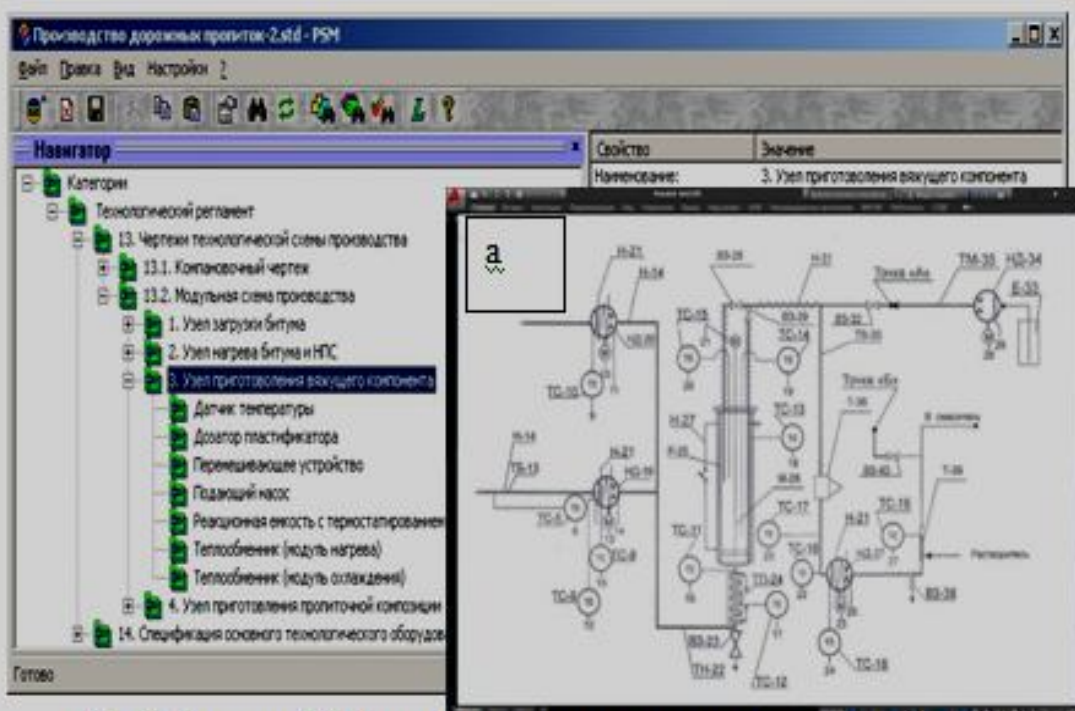


Рис. 4. Элемент CALS-проекта технологического регламента (а - узел приготовления вяжущего компонента).

Подающие линии битума и НПС соединяются и по трубопроводу ТН-22 через трубчатую печь поступают в реакционную емкость Р-25. Трубчатая печь (рис. 4-а, поз. ТП-24) служит для быстрого разогрева смеси битума и НПС до температуры модификации, которая обычно лежит в пределах 175-180°C.

Реакционная емкость представляет из себя вертикальный проточный реактор, работающий в режиме идеального смешения. Реактор оснащен перемешивающим устройством – пропеллерной мешалкой. Заданная температура поддерживается автоматически при помощи нагревательной рубашки и термометра сопротивления ТС-14.

Выгрузка модифицированного битума осуществляется принудительно дозировочным насосом по трубопроводу, погруженному в реакционную емкость через крышку реакционной емкости. Изменяя длину погруженной части трубопровода можно менять рабочий объем реактора.

Остаточное количество модифицированного битума, при завершении процесса, перекачивается путем переключения запорной арматуры в положение «закрыто» или «открыто». При этом отбор модифицированного битума начинается осуществляться с нижней части реакционной емкости.

На выходе из реакционной емкости установлен ввод в трубопровод вяжущего компонента с запорным краном для подачи пластификатора при помощи дозирующего насоса вяжущего компонента из емкости пластификатора. Включение дозировочного насоса пластификатора происходит автоматически при поступлении вяжущего компонента в насос. Для снижения температуры вяжущего компонента, поступающего в насос предусмотрено дополнительное воздушное охлаждение трубопровода.

Из дозирующего насоса вяжущий компонент поступает в теплообменник.

Дозирующий насос и теплообменник являются общими для двух узлов. Для узла вяжущего компонента насос выполняет функцию отбора вяжущего компонента, а для узла получения пропиточной композиции – дозирующего в смеситель.

Для узла вяжущего компонента теплообменник выполняет функцию охлаждения вяжущего компонента до 130°C, а для узла получения пропиточной композиции – предварительного смесителя. Такая схема применена для безаварийной работы узла приготовления пропиточной композиции (рис. 5), поскольку без интенсивного перемешивания холодного нефтяного растворителя с горячим вяжущим компонентом происходит выпадение смолистых продуктов.

Затем вяжущий компонент дозируется из реакционной емкости насосом в теплообменник. Охлаждение вяжущего компонента происходит за счет подачи нефтяного растворителя дозирующим насосом из емкости нефтяного растворителя во внешнюю трубу теплообменника.

На выходе охлажденный вяжущий компонент и нагретый нефтяной растворитель смешиваются и поступают в пассивный смеситель (рис. 5-б), действие которого основано на делении/соединении потоков для предварительной гомогенизации. Из смесителя пропиточная композиция поступает в активный смеситель, оснащенный механической мешалкой.

Гомогенизированная пропиточная композиция из смесителя поступает в емкость готовой пропиточной композиции, оснащенную механической мешалкой и змеевиковым теплообменником – охладителем готовой композиции.

Для предотвращения выброса паров нефтяного растворителя в атмосферу, на крышке емкости установлен обратный холодильник.

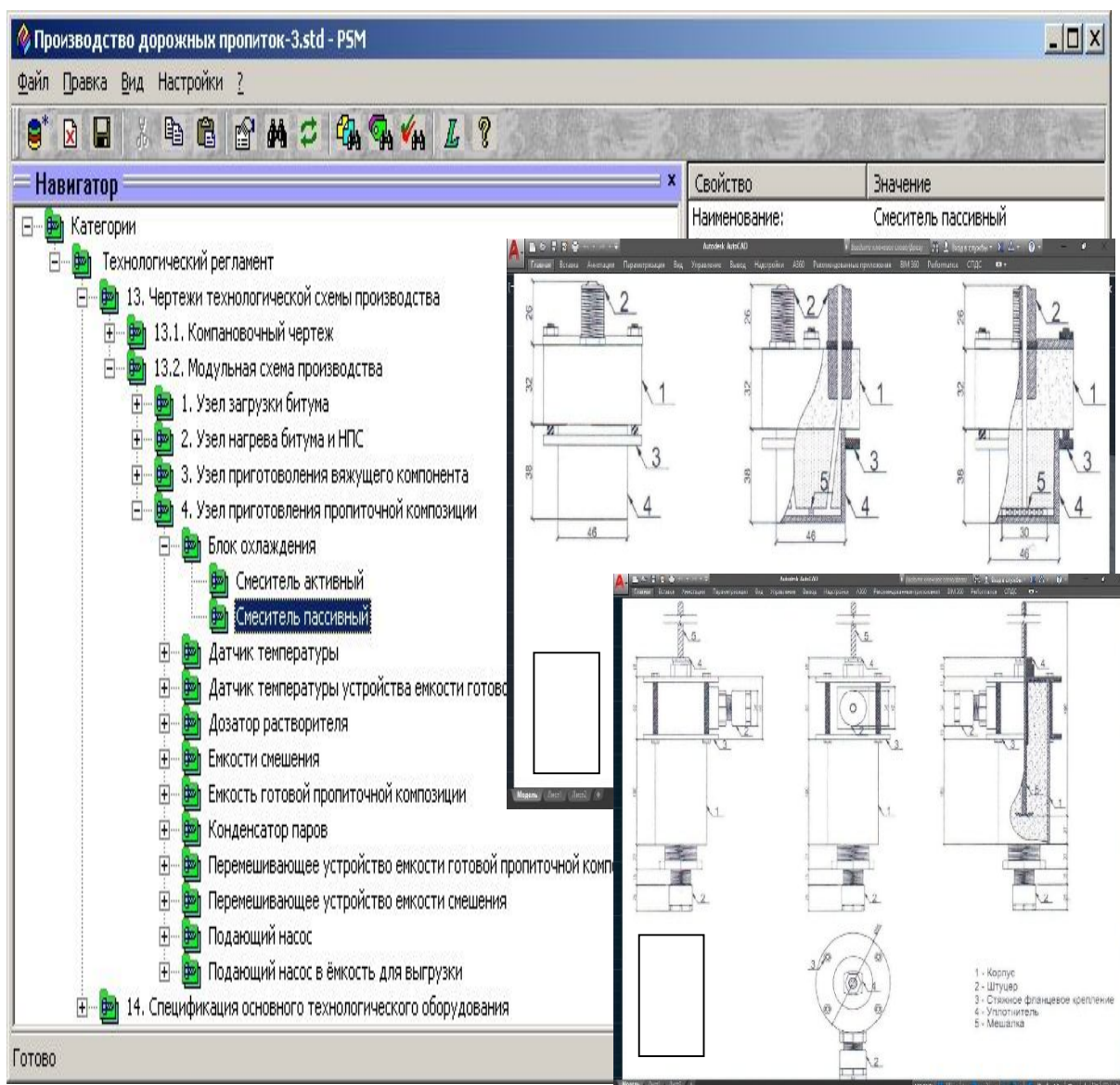


Рис. 5. CALS-проект производства дорожных пропиток. Узел приготовления пропиточной композиции (а – смеситель активный; б - смеситель пассивный)

В информационный CALS-проект технологического регламента занесены общие чертежи всего опытно-промышленного производства, чертежи отдельных модулей (узлов), а также наиболее важные элементы модулей (пассивный смеситель, активный смеситель и др.).

Заключение

Применение CALS-технологий для автоматизированной разработки современного промышленного производства имеет неоспоримые преимущества. В настоящее время выпуск конкурентоспособной продукции невозможен без информационной поддержки на базе ком-

пьютерных CALS-технологий, то есть с использованием единого стандартизованного информационного пространства на всех этапах жизненного цикла продукции – от проектирования до эксплуатации.

Внедрение информационных CALS-технологий при разработке модульного производства дорожных пропиточных композиций позволяет не только повысить качество исследовательских и конструкторских работ, но и обеспечить полное компьютерное сопровождение, включающее всю необходимую документацию в электронном виде.

Работа проводилась при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (РФФИ) по проекту № 16-07-00823 «Теоретические основы разработки и внедрения автоматизированных CALS-систем управления жизненным циклом научных исследований в химической промышленности».

ЛИТЕРАТУРА

1. Гусейналиев В. А. Анализ транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог // Вестник МАДИ. 2012. № 4. С. 73-76.
2. Котлярский Э.В., Воейко О.А. Долговечность дорожных асфальтобетонных покрытий и факторы, способствующие разрушению структуры асфальтобетона в процессе эксплуатации. М.: Техполиграфцентр, 2007. 136 с.
3. Глушко А.Н., Бессарабов А.М. Разработка CALS-системы компьютерного менеджмента качества пропиточных составов для дорожных покрытий // Известия МГТУ «МАМИ». 2013. Т. 2. № 3 (17). С. 91-94.
4. Чигорина Е.А. Пропиточная композиция с улучшенными гидроизоляционными свойствами. / Е.А. Чигорина, А.Л. Разинов, Р.А. Санду, О.А. Жданович // Клеи. Герметики, Технологии. 2014. Т. 12. С. 31-35.
5. Ковалев С.В. Анализ внедрения информационных (CALS) технологий на наукоемких предприятиях в России и за рубежом // Информационные технологии моделирования и управления. 2010. Т. 63. № 4. С. 534-543.
6. Елизаров П.М., Судов Е.В., Карташев А.В. Управление жизненным циклом наукоемкой продукции // Качество и жизнь. 2015. Т. 1. № 5. С. 40-43.
7. Степанова Т.И. Автоматизированная разработка технологических регламентов производства веществ особой чистоты на основе информационных CALS-технологий / Т.И.Степанова, А.М. Бессарабов, М.А. Гришин, А.В. Поляков, О.В. Стоянов // Вестник Казанского технологического университета. 2013. Т. 16. № 14. С. 218-225.
8. Глушко А.Н. CALS-технология модульного производства пропиточных композиций для дорожных асфальтобетонных покрытий / А.Н.Глушко, А. Л. Разинов, Е.А. Чигорина, Г.Г.Приоров, А.М. Бессарабов // Тезисы докладов VIII Международной конференции. РХО им. Д.И. Менделеева «Ресурсо- и энергосберегающие технологии в химической и нефтехимической промышленности», Москва, 24 октября 2017 г. С. 33-34.

Статья публикуется при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках реализации проекта №18-03-20102-г.

Рукопись поступила в редакцию 22.10.2018

AUTOMATED CALS-TECHNOLOGY OF HIGHLY EFFICIENT PROCESSES FOR OBTAINING ROAD IMPREGNATING COMPOSITIONS

G. Priorov, A. Glushko, A. Bessarabov

Application of CALS-technologies for the automated working out of modern industrial production has conclusive advantages. On the basis of such information CALS-technologies modular manufacture of resource-saving road impregnations is developed. All the stages of development of technological regulation are put into the architecture of CALS-system for computer-aided engineering. Design documentation of the whole technological scheme and different hardware modules is considered (bitumen loading; heating of bitumen and polymeric petroleum resin, preparation of the cementing component, preparation of impregnating composition). In the information CALS-project of technological regulation of general drawings of all pilot production, drawings of separate modules (knots), and also the most important elements of modules (the passive amalgamator, the active amalgamator, etc.) are brought.

Key words: CALS-technologies, computer-aided design, road impregnations, modular manufacturing.

References

1. Gusejnaliev V. A. Analiz transportno-ehkspluatacionnogo sostoyaniya avtomobil'nyh dorog. Vestnik MADI. 2012. № 4. S. 73-76.
2. Kotlyarskij E.H.V., Voejko O.A. Dolgovechnost' dorozhnyh asfal'tobetonnyh pokrytij i faktory, sposobstvuyushchie razrusheniyu struktury asfal'tobetona v processe ehkspluatacii. M.: Tekhpoligrafcentr, 2007. 136 s.
3. Glushko A.N., Bessarabov A.M. Razrabotka CALS-sistemy komp'yuternogo menedzhmenta kachestva propitochnyh sostavov dlya dorozhnyh pokrytij. Izvestiya MGTU «MAMI». 2013. T. 2. № 3 (17). S. 91-94.
4. CHigorina E.A. Propitochnaya kompoziciya s uluchshennymi gidroizolyacionnymi svojstvami. / E.A. CHigorina, A.L. Razinov, R.A. Sandu, O.A. ZHdanovich. Klei. Germetiki, Tekhnologii. 2014. T. 12. S. 31-35.
5. Kovalev S.V. Analiz vnedreniya informacionnyh (CALC) tekhnologij na naukoemkih predpriyatiyah v Rossii i za rubezhom. Informacionnye tekhnologii modelirovaniya i upravleniya. 2010. T. 63. № 4. S. 534-543.
6. Elizarov P.M., Sudov E.V., Kartashev A.V. Upravlenie zhiznennym ciklom naukoemkoj produkcii. Kachestvo i zhizn'. 2015. T. 1. № 5. S. 40-43.
7. Stepanova T.I. Avtomatizirovannaya razrabotka tekhnologicheskikh reglamentov proizvodstva veshchestv osoboj chistoty na osnove informacionnyh CALS-tekhnologij / T.I.Stepanova, A.M. Bessarabov, M.A. Grishin, A.V. Polyakov, O.V. Stoyanov. Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta. 2013. T. 16. № 14. S. 218-225.
8. Glushko A.N. CALS-tekhnologiya modul'nogo proizvodstva propitochnyh kompozicij dlya dorozhnyh asfal'tobetonnyh pokrytij / A.N.Glushko, A. L. Razinov, E.A. CHigorina, G.G.Priorov, A.M. Bessarabov // Tezisy dokladov VIII Mezhdunarodnoj konferencii. RHO im. D.I. Mendeleeva «Resurso- i ehnergoberegayushchie tekhnologii v himicheskoi i neftekhimicheskoi promyshlennosti», Moskva, 24 oktyabrya 2017 g. S. 33-34.