

САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАНИРОВКИ  
ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯЛещенко В.Д., Гайдарь О. Г. *(ДонНТУ, г. Донецк, Украина)*

В условиях современного машиностроения инженерно-технические работники технологических служб должны не только обладать умением проектирования технологических процессов, но и иметь теоретические знания и практические навыки по решению комплекса вопросов, возникающих при построении всего производственного процесса, принимать активное участие в разработке планировок линий, участков и цехов. Такие работы выполняются при организации новых подразделений или их реконструкции, в связи с изменением программы выпуска или номенклатуры изделий, при изменении технологии производства, замене оборудования, изменении системы организации работы, для улучшения технико-экономических показателей.

Планировка – это план расположения технологического оборудования, рабочих мест, проходов и проездов, привязанный к конструктивным элементам здания. Планировка оборудования является основным технологическим документом, определяющим организацию производственного процесса в пространстве. Технологической планировкой является графическое изображение на плане и разрезах оборудования, поточных и автоматических линий, рабочих мест, стендов, подъемно-транспортных средств и инженерных сетей, предназначенных для обслуживания технологических процессов. При размещении оборудования на технологических планировках следует обеспечить свободный доступ к рабочим местам, удобство труда рабочих и транспортирования заготовок к месту работы, близость комнат курения и туалетов, раздевалок, медпунктов, душей, комнат приема пищи и столовых, хорошее освещение помещений и постоянный воздухообмен, удобное расположение вспомогательных служб, контролирующих отделов и пожарных гидрантов. Организация рабочего места должна обеспечить непрерывность работы при соблюдении максимально возможной производительности, минимальной себестоимости выпускаемой продукции при обеспечении заданного качества.

Планировка является одним из последних этапов создания рабочего проекта цеха, а ее разработка представляет собой многовариантную задачу, требующую технико-экономического сравнения конкурирующих вариантов. Основным требованием, предъявляемым к планировке расположения оборудования, является качество проработки вопросов рациональной расстановки оборудования при строгом соблюдении норм технологического проектирования. Планировка будет тем качественнее, чем нагляднее и точнее она дает представление о будущем линии, участка или цеха. Рациональная планировка и организация рабочих мест имеют большое значение для достижения наибольшей производительности и наименьшей себестоимости выпускаемой продукции.

Для обозначения на планировке оборудования используют темплеты [1]. Темплет – условное графическое обозначение технологического оборудования на планировке, как правило, вид сверху.

Разработка планировок предприятий является одной из наиболее трудоемких задач. На большинстве предприятий процесс разработки планировок представляет собой раскладывание бумажных «габариток» на миллиметровке. Это тяжело, медленно и не всегда точно. При этом планировки получаются весьма условными с точки зрения

---

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.  
ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

---

соблюдения нормативных документов, что не может не сказаться на условиях труда и технике безопасности. В нынешних экономических условиях у предприятий существует необходимость оперативно перестраивать производство в соответствии с запросами рынка. В этой ситуации «ручная» разработка планировок становится тормозом для развития производства.

В данных условиях использование средств автоматизации разработки и ведения планировки позволяет значительно повысить качество проектных решений и уменьшить трудоемкость проектирования. Современный уровень программно-технических средств электронно-вычислительной техники позволяет перейти от традиционных ручных методов проектирования к автоматизированным с использованием систем автоматизированного проектирования (САПР).

Рассмотрим средства для разработки планировок производственных участков, предлагаемые для использования в программном продукте LCAD (от Layout CAD — расстановка оборудования с помощью компьютера) предназначена для автоматизации процесса проектирования графической и текстовой документации технологических планировок производственных или административно-бытовых помещений с размещением (компоновкой) основного и вспомогательного оборудования, имеющегося в достаточно развитой справочно-информационной базе данных.

Информационную поддержку всего комплекса программ обеспечивает иерархическая база данных технологического назначения (рис. 1), содержащая классификатор наиболее распространенных моделей оборудования, а также информацию о паспортных данных и размещении оборудования. База данных уже при поставке содержит порядка тысячи единиц оборудования. Процесс пополнения базы данных идет постоянно как силами самих разработчиков, так и силами конечных пользователей.

Система позволяет создать ассоциативный генплан предприятия, из которого визуально можно получить представление о расположении корпусов, цехов и прилегающих к ним проездов, а также легко выйти на планировку выбранного объекта (корпуса, цеха, участка и т.д.) для ее просмотра, редактирования и получения необходимой справочной информации.

Проектирование планировки нового корпуса или цеха начинается с создания строительной подосновы здания (рис. 2). При помощи подсистемы «Строитель» можно отрисовать все необходимые элементы строительного чертежа, такие как продольные и поперечные оси с их условными обозначениями, колонны, наружные и внутренние стены, перегородки, ворота, окна, проезды и другие элементы, выбираемые из соответствующих меню. В этой подсистеме указываются границы цехов и участков, автоматически рассчитываются их площади, а также производятся необходимые надписи на планировке.

В дальнейшем в процессе проектирования эта строительная подоснова является как бы подложкой для расстановки оборудования. В модуле «Планировка» реализованы все необходимые инструменты для создания различных вариантов компоновок размещения оборудования, имеется функция визуального и автоматического контроля зон безопасности при установке станков друг от друга, от стен или колонн в соответствии с рекомендациями СНиП. База данных условных точечных обозначений (место рабочего, подвод эмульсии, газа и др.) и линейных обозначений (транспортёры, конвейеры, скаты и др.) позволяет выбрать, установить, привязать к оборудованию нужный объект в процессе проектирования.

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

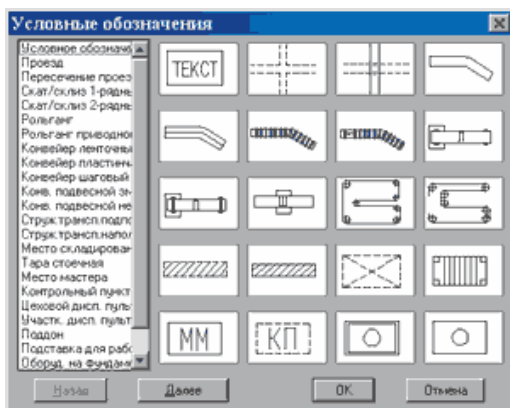


Рис. 1. Условные обозначения в базе данных программы LCAD

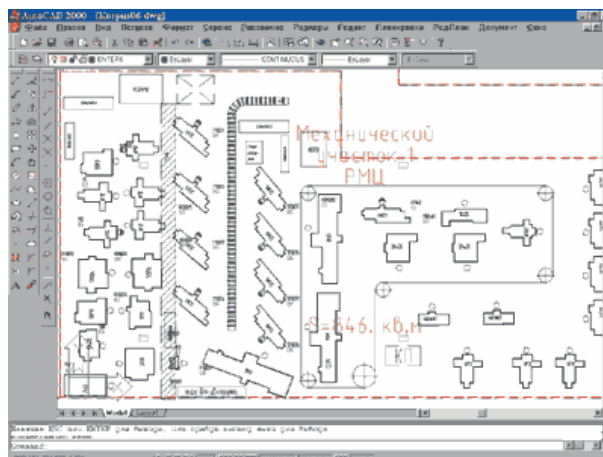


Рис. 2. Планировка цеха в системе LCAD

Расстановку оборудования можно производить либо «перетаскивая», с возможностью одновременного поворота, выбранный станок по строительной подложке, либо задавая конкретное расстояние от выбранной точки до оборудования в реальных единицах или в миллиметрах чертежа, при этом можно сделать видимыми зоны ограничения. Имеется возможность вставить сразу линию или массив оборудования.

С установленным оборудованием можно связать любой графический объект, например трап или емкость для стружки. После этого над связанными объектами можно производить действия (перенос, поворот и т.д.) как над единым объектом.

После расстановки оборудования производится регистрация его в базе данных, то есть оборудованию присваивается инвентарный номер, номер по плану и принадлежность к административной единице предприятия (цеху, участку) и другая информация. На основе этой информации можно производить выборки и составлять спецификации оборудования.

В системе LCAD реализован режим редактирования планировки, получение оперативной информации о любом расставленном оборудовании, измерение реального расстояния между объектами [2].

При отсутствии в базе данных необходимого оборудования или его темплета предоставляется удобный инструмент для заполнения анкеты и создания фишки. При этом автоматически предлагается заполнить карточку оборудования. Внесенные в карточку сведения заносятся в базу данных оборудования.

Но разнообразие программных продуктов, созданных в помощь инженерам-технологам, не ограничивается системой LCAD. Существует также система автоматизации проектирования технологических планировок предприятий КОМПАС, разработанная в АО АСКОН, которая призвана облегчить труд планировщика и на данный момент уже нашла широкое применение на предприятиях различных отраслей промышленности, занимающихся проектированием новых или реорганизацией уже имеющихся помещений. Наиболее востребованной в данной программе модулем для решаемой задачи является «Библиотека планировок».

В качестве моделей технологического оборудования в «Библиотеке планировок цехов» могут использоваться как стандартные, так и инверсные темплеты. Применение инверсных темплетов, учитывающих нормы расстояний станков от стен, колон,

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.  
ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

относительно друг друга, позволяет не только сократить временные затраты на этапе проектирования, но и дает возможность существенно уменьшить потери производственных площадей [3]. Это объясняется наглядностью демонстрации потери площадей, которые хорошо видны в промежутках между темплатами (стандартные фишки не позволяют выполнить такие визуальные оценки. Кроме того, при использовании стандартных темплетов, необходимо постоянно вымерять нормативы расстояний между станками, что делает проектирование более трудозатратным). Опыт использования инверсных темплетов Библиотеки планировок цехов КОМПАС свидетельствует о возможности сокращения потерь производственной площади на 14-18%.

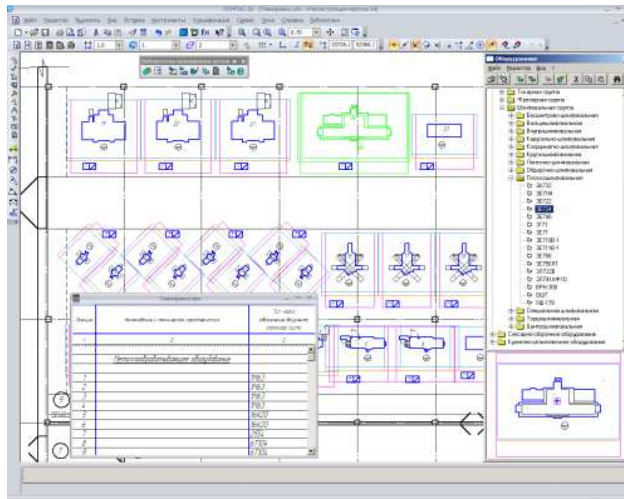


Рис. 3. Планировка технологического участка в программе КОМПАС.

Например, модель станка в Библиотеке планировок цехов КОМПАС имеет три уровня: визуальный, информационно-служебный и атрибутивный. Визуальный уровень модели представляет собой стандартный темплет станка с обозначением рабочего места станочника. Информационно-служебный уровень модели – это кривая, ограничивающая область норматива расстояния станков от стен, колонн, между смежным оборудованием и нормативом расстояния для рабочего места станочника. Атрибутивный уровень модели несет ключевую информацию о модели оборудования и его типе для связи с базой данных, которая содержит информацию о технических характеристиках оборудования, его массе, габаритах, мощности главного привода, необходимую для заполнения спецификации оборудования к чертежу технологической планировки (рис. 3). Атрибутивный уровень модели также содержит информацию об инвентарном и заводском номере, номере на габаритном плане соответствующего станка, а также сведения об участке и цехе, где предполагается его установка. База данных имеет удобный интерфейс при её заполнении о новом, встраиваемом в библиотеку планировок оборудовании.

Помимо уже описанных программных продуктов и модулей САПР, для автоматизации проектирования технологических планировок также создана система автоматизации проектирования технологических планировок предприятий на основе функций T-FLEX CAD и баз данных T-FLEX/ТехноПро. С помощью разработанной программы возможно создание плана участка, цеха и прилегающих подъездов посредством функций T-FLEX CAD автоматической вставки фрагментов строительных элементов (колонн, проходов, стен, дверей, ограждений и т.п.). Затем на основе

**ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ.  
ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

запросов к базе данных T-FLEX/ТехноПро вызываются и размещаются на плане цеха эскизы оборудования. Темплеты оборудования организованы в виде фрагментов T-FLEX CAD. Автоматически ведется спецификация оборудования. Подобный подход, объединяющий в целостный комплекс системы T-FLEX CAD и T-FLEX/ТехноПро с помощью специализированных программных модулей, реализует практический опыт и особенности конкретного производства для удобного представления данных любому сотруднику предприятия, имеющему доступ к этой информации.

Предлагаемые программные модули реализуют отдельные расчетные процедуры, необходимые для решения задач цеховой планировки конкретного производства. На первом этапе происходит создание планов участков, цехов, вспомогательных помещений и т.п. В режиме «Проектирование» разрабатывается строительная основа в виде сетки колонн, а также реализуются необходимые процедуры для создания различных вариантов компоновок помещений с размещением в диалоговом режиме строительных элементов: стен, колонн, дверных проемов, окон и т.д. Выбранная из БД строительных элементов необходимая конструкция размещается на планировке производственного участка или бытового помещения.

Размещение оборудования, проектирование бытовых помещений производится в режиме «Редактирование» с получением оперативной информации о любом установленном оборудовании и измерением реального расстояния между объектами(рис. 4).

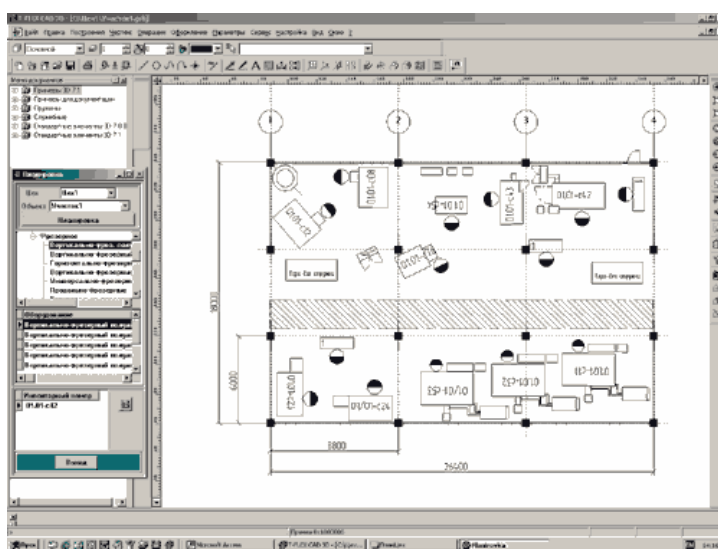


Рис.4. Размещение оборудования.

Оборудование отображается в виде фрагментов, которые можно перемещать и поворачивать в интерактивном режиме. Технологическое оборудование выбирается из реальной цеховой БД, организованной в T-FLEX/ТехноПро. При отсутствии в БД необходимой модели оборудования или инвентарного номера ее пополняют в системе T-FLEX/ТехноПро, используя режим заполнения информационной БД.

В системе автоматизации проектирования технологических планировок реализован режим получения оперативной информации о любом технологическом оборудовании и его графического изображения (рис. 5).

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. ПРОБЛЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

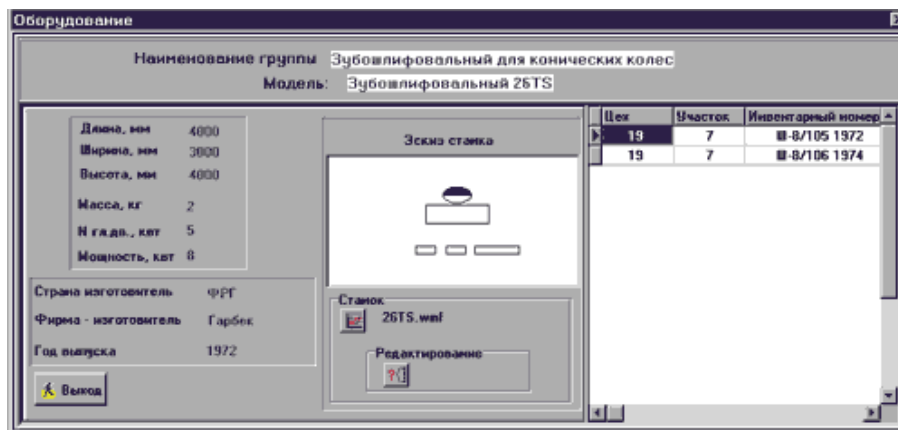


Рис. 5. Справка о технологическом оборудовании в системе T-FLEX

Проектирование цеха заключается во вставке фрагментов участков и вспомогательных помещений в план цеха. Тем самым обеспечивается единство информации об оборудовании при любой степени детализации проекта. Кроме того, это дает возможность при работе с общей планировкой цеха, участка, бытового помещения вычленять отдельные ее части для редактирования средствами T-FLEX CAD и выполнения «выкопировки». Можно затребовать информацию о расположении оборудования на плане участка или цеха с обозначением инвентарного номера; получить спецификацию установленного в цехе или участке оборудования; при необходимости можно вывести план на печать.

При создании системы были учтены следующие требования: системное единство; открытие и доступность БД; независимость программного обеспечения от конкретного производства и личности разработчика; доступность в освоении и эксплуатации для инженеров-технологов, не являющихся специалистами в области программирования [4].

Систем автоматического проектирования технологических планировок на сегодняшний момент не так уж много, а рассмотренные выше САПР являются наиболее популярными на постсоветском пространстве. К ним можно добавить разве что CADdy, PLANT-4D. Поэтому они являются дорогостоящими, что делает их недоступными для многих предприятий и организаций. Очевидно, что данное направление развития САПР является перспективным и динамичным, появляются новые разработки от научно - исследовательских институтов, отдельных предприятий и организаций. Особый интерес, на наш взгляд, представляют системы на основе математического аппарата теории искусственных нейронных сетей (ИНС), т.е. нейросетевая система многокритериальной оптимизации.

**Список литературы:** 1. ГОСТ 2.002-72. Требования к моделям, макетам и темплетам, применяемым при проектировании. – ИПК Издательство стандартов, 1999. 2. Печков Ф. Система автоматизации проектирования технологических планировок предприятий LCAD. – САПР и графика, 2000, январь. 3. Селиванов С.Г., Иванова М.В. Теоретические основы реконструкции машиностроительного производства. – Уфа: Гилем, 2001. – 310 с. 4. Ковшов А., Димитрюк С., Система автоматизации проектирования технологических планировок предприятий на основе комплекса T-FLEX. – Мир Этикетки, 2002, август.