УДК 621.81:658.562

А. Н. Трусов

МЕТОДИКА ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО ВАРИАНТА АВТОМАТИЗАЦИИ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Прирост эффективности экономической деятельности предприятия в результате комплексной автоматизации системы подготовки производства может проявляться различным образом. В качестве возможных факторов, определяющих совокупный эффект от автоматизации, часто рассматриваются следующие составляющие.

1. Качественное улучшение процессов подготовки и принятия решений.

2. Уменьшение трудоемкости процессов обработки и использования данных.

3. Экономия условно-постоянных расходов за счет возможного сокращения административно-управленческого персонала, необходимого для обеспечения процесса управления предприятием.

4. Переориентация персонала, высвобожденного от рутинных задач обработки данных, на более интеллектуальные виды деятельности.

5. Стандартизация проектных процедур во всех подразделениях предприятия.

6. Оптимизация производственной программы предприятия.

7. Сокращение сроков оборачиваемости оборотных средств.

8. Установление оптимального уровня запасов материальных ресурсов и объемов незавершенного производства.

9. Уменьшение зависимости от конкретных физических лиц, являющихся «держателями» информации или технологий обработки данных.

Опыт предприятий, внедряющих КИПС, показал экономическую эффективность применения таких систем, но расширению их использования препятствует высокая стоимость рабочих мест. С другой стороны на предприятиях, эксплуатирующих отдельные системы автоматизации низкой стоимости, все более ощущается ограниченность их функциональных возможностей. Поэтому перед каждым машиностроительным предприятием рано или поздно возникает ряд проблем:

- какую систему выбрать в качестве базовой для наиболее эффективной автоматизации имеющегося комплекса конструкторско-технологических задач с учетом специфики конкретного предприятия;
- какие модули и в какой последовательности рационально приобретать и внедрять;
- как определить экономический эффект (или убытки) при различных вариантах автоматизации производства;
- какая реорганизация служб производства потребуется в связи с внедрением информационных технологий.

Сегодня практически отсутствуют соответствующие научно-методические разработки, которые позволили бы определить эффект от внедрения как отдельных систем, так и КИПС в целом, а также выбрать рациональный уровень автоматизации инженерного труда.

В сфере автоматизации собственно производства материальных потоков в качестве научно-методической основы решения практических задач широко применяется теория производительности машин и труда, основы которой разработал Г.А.Шаумян. Представляется целесообразным для обеспечения научно-методического единства применить основные идеи и математический аппарат этой теории и к сфере конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП) (соответственно с учетом специфики этой сферы). Это позволит не только подсчитать экономическую эффективность КИПС, но и проанализировать возможные варианты средств автоматизации, выбирать такие системы автоматизированного проектирования, которые являются оптимальными и обеспечивают максимальную производительность или наибольший экономический эффект в данных производственных условиях.

В [1] с использованием теории производительности машин и труда была представлена модель экономической эффективности автоматизации конструкторско-технологической подготовки машиностроительного производства с оценкой годового экономического эффекта:

$$Э = K\left[(\varphi-\sigma)(E_н+\alpha_1+\alpha_2)-\sigma\alpha_3\right]+$$
$$+m\varphi(1-\delta)+З\left(\varphi-1/\varepsilon\right)+\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n}S_{ij}N\left(\gamma_{ij}^{б}\varphi-\gamma_{ij}^{пр}\right) \quad (1)$$

где K – стоимость оборудования (кульманы, столы и пр.); α_1 – нормативный коэффициент амортизационных отчислений; α_2 – коэффициент отчислений на текущий ремонт и межремонтное обслуживание; α_3 – коэффициент, учитывающий затраты на продление лицензий и обновление программного обеспечения; φ – рост производительности средств производства; ε – коэффициент сокращения затрат живого труда; σ – коэффициент изменения средств труда; δ – коэффициент изменения эксплуатационных затрат на единицу продукции; $З$ – годовой фонд зарплаты (зарплата инженерно-технических работников); m – годовые эксплуатационные затраты (расходные материалы, электроэнергия и пр.); $Q_э$ – объем разработанной конст-

рукторско-технологической документации за год; S – затраты на исправление ошибочных решений, допущенных на различных этапах жизненного цикла изделия; γ_{ij} – вероятность (доля ошибок) обнаружения на j-м этапе ошибки, допущенной на i-м этапе; n – число рассматриваемых этапов жизненного цикла изделия.

Использование средств автоматизации на различных этапах КТПП приведет не только к сокращению затрат на исправление ошибок, но и к увеличению коэффициента φ за счет роста производительности труда. Таким образом, можно определить минимальное количество этапов и функций, выполняемых на этих этапах, которые нужно автоматизировать, чтобы получить гарантированный экономический эффект.

Такая модель может служить основой для решения целого ряда задач, наиболее значимой из которых является определение экономически оптимального варианта из множества технически возможных, то есть комплексной оптимизации проектных решений.

Если принять Э = 0, то можно определить $\varphi_i = \varphi_{i\ min}$, при котором варианты равноценны. Очевидно: если $\varphi_i > \varphi_{i\ min}$, то вариант с КИПС лучше.

$$\varphi_{min} = \frac{K\sigma\left(E_н+\alpha_1+\alpha_2-\alpha_3\right)+\frac{3}{\varepsilon}+\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} S_{ij}\gamma_{ij}^{np}\mathrm{N}}{K\left(E_н+\alpha_1+\alpha_2\right)+m(1-\delta)+3+\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} S_{ij}\gamma_{ij}^{б}\mathrm{N}}. \quad (2)$$

На кафедре ИиАПС КузГТУ разработана методика выбора оптимального варианта автоматизации КИПС (блок-схема на рис. 1).

Блок 1 - ввод и систематизация исходных данных.

Блок 2 - расчет (хронометраж) времени на разработку комплекта конструкторско-технологической документации без средств автоматизации.

Блоке 3 - оценка вероятностей совершения и обнаружения ошибок на разных этапах при не автоматизированном выполнении этих этапов.

Блок 4 - расчет фактической производительности создания комплекта документации без автоматизации.

В блоке 5 происходит формирование перечня этапов проектирования, используемых в дальнейшем для составления вариантов автоматизации конструкторско-технологической подготовки.

В блоке 6 анализу подвергаются все элементы Q и определяются вероятности совершения и обнаружения ошибок на различных этапах в случае автоматизированного выполнения этих этапов.

Так как количество возможных сочетаний автоматизируемых функций составляет несколько десятков тысяч вариантов, для снижения размерности задачи в блоке 7 исходный список функций проектирования сокращается за счет отбора перспективных функций. Перспективными считаются те функции, которые в данных условиях могут ощутимо повысить производительность (не менее ΔQ = 2÷3 %), улучшить качество изделий ($\gamma_i > \gamma_б$).

В блоке 8 рассчитывается ожидаемый рост производительности процесса проектирования φ_i как соотношение производительности i-го варианта автоматизации процесса проектирования Q_i к исходному (неавтоматизированному) $Q_{исх}$.

В блоке 9 выполняется расчет ожидаемых затрат на автоматизацию путем суммирования затрат на приобретение и внедрение программного и технического обеспечения, позволяющего автоматизировать процесс проектирования, переобучение персонала.

Блок 11 - расчет требований к технико-экономическим характеристикам, исходя из гарантированного обеспечения экономической эффективности (Э ≥ 0), сводящийся к определению φ_{min} по формуле (2) , за счет которого возможна окупаемость затрат в нормальные сроки.

В следующих блоках происходит отбор экономически целесообразных вариантов. Формально можно для каждого варианта рассчитать предельные затраты $З_i$ и выбрать вариант с $З_i \to \min$.

Недостоверность исходных данных может внести ошибку в расчет. Поэтому целесообразно из всех вариантов выбрать группу вариантов с наилучшими показателями. В блоке 13 выбирается первый из рассматриваемых вариантов. Если для него не обеспечивается минимально необходимый рост производительности (блок 14), т.е.

$$\varphi_i < \varphi_{mini}, \quad (3)$$

то $Э_i < 0$ и этот вариант удаляется из списка (блок 15). Если требуемое условие по экономичности выполняется, то происходит проверка (блок 16) по обеспечению требуемой производительности. Прошедший проверку вариант автоматизации запоминается в блоке 17 и определяется (блок 18)

$$\Delta\varphi_i = \left(\varphi_i - \varphi_{mini}\right). \quad (4)$$

В блоке 19 осуществляется проверка на окончание списка вариантов расчета и расчет повторяется для следующего варианта. Когда варианты i расчета заканчиваются, проверяется не пуст ли список j, т.е. есть ли варианты, прошедшие отбор (блок 20). Если этот список пуст - в данных производственных условиях нет экономически целесообразного варианта автоматизации процесса проектирования по сравнению с процессом без автоматизации - необходима корректировка исходных данных (блоки 25, 26).

Из сформированного j-списка в группу для окончательного анализа в блоке 21 отбираются варианты, у которых $\Delta\varphi_i$ достаточно близки (отличаются не более 5 % от максимального)

$$\Delta\varphi_i = \left(\varphi_i - \varphi_{mini}\right) \to max, \quad (5)$$

и, если их несколько, окончательный выбор оптимального варианта идет по неформальным критериям (блок 22).

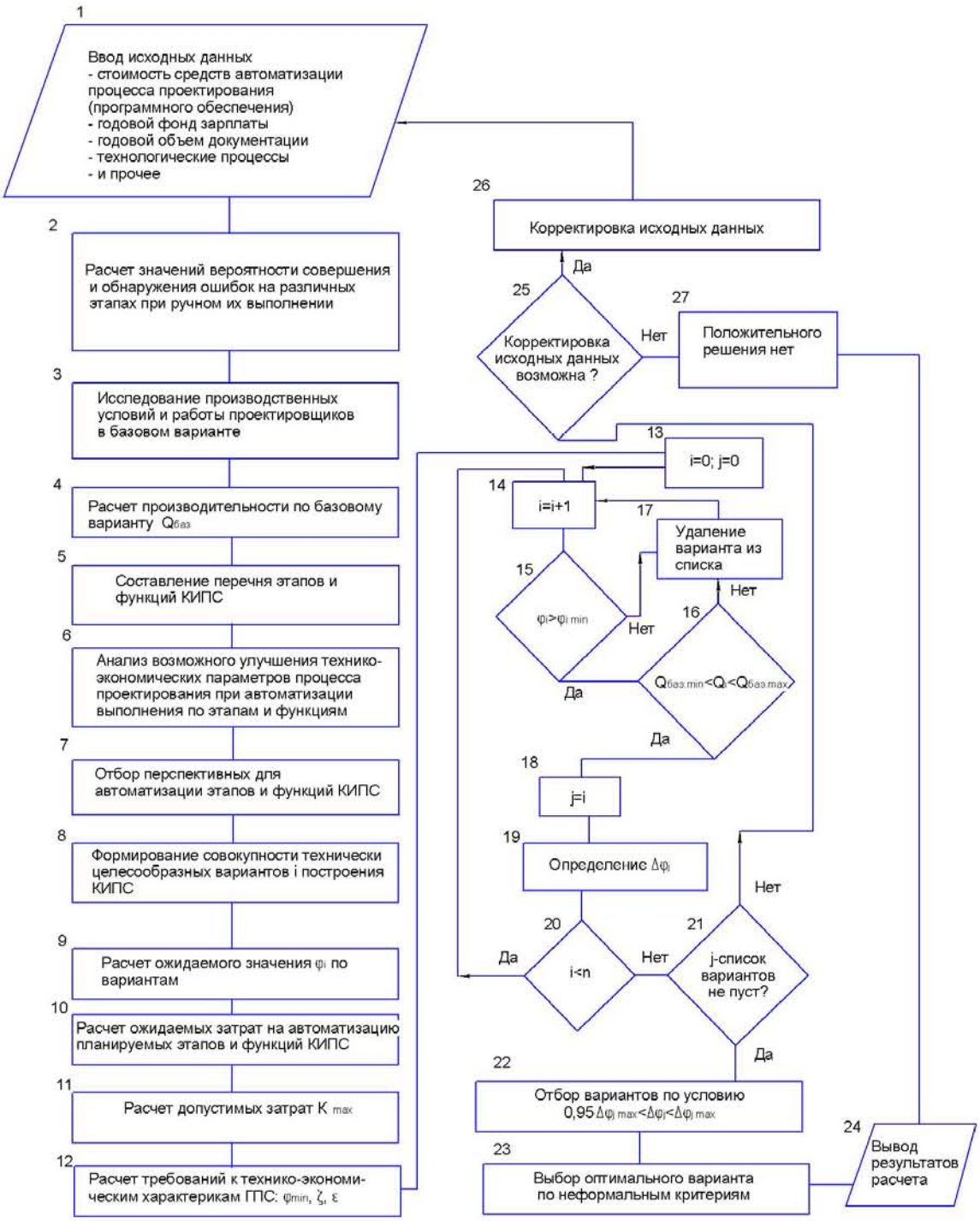

Рис. 1. Алгоритм выбора рационального варианта автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Трусов А. Н.* Модель экономической эффективности автоматизации конструкторско-технологической подготовки машиностроительного производства // Вестник КузГТУ, 2010. – № 6. – С. 58-61.

□ Автор статьи:

Трусов
Александр Николаевич,
канд. техн. наук, доцент каф. «Информационные и автоматизированные производственные системы» КузГТУ.
Email: trusow2001@mail.ru