

(6.1.2.3) оказывается менее точной, чем (6.1.2.5) как указанная ошибка при суммировании по ней накапливается. Введение средней мощности (трудоемкости) по всему множеству, являющейся устойчивой величиной с известным законом распределения, снимает этот недостаток.

Для дальнейших исследований примем обозначение системной трудоемкости электроремонта T_C без различия в применяемой формуле, выбираемой в каждом конкретном случае.

В заключение отметим, что попытка установить количественные зависимости между затратами на электроремонт (себестоимостью электроремонта) и структурой множества ремонтируемого электрооборудования, проведение факторного эксперимента, где одним из факторов являлась повторяемость как оценка структуры, положительных результатов не дали. Исследования показали, что это связано с существующими расчетами трудоемкости электроремонтных работ на промышленных предприятиях, которые не учитывают эффекта (6.1.1.6).

Таким образом, на основании исследования зависимости трудоемкости выполнения электроремонтных работ от величины ремонтируемой однородной партии электрооборудования выведена формула расчета системной трудоемкости электроремонтных работ, учитывающая структуру множества ремонтируемого электрооборудования (устойчивость, описываемую параметрами R и α) и показатель интенсивности электроремонтного производства (β).

6.1.3. Оценка оптимальности построения структуры видовых распределений электрооборудования

Проведем оценку структуры множества установленного и ремонтируемого за определенный промежуток времени электрооборудования по показателю системной оценки трудоемкости электроремонта T_C , характеризующему структуру абсолютной величиной - чел. ч.

Учитывая, что для любого предприятия оптимальным решением будет являться условие минимума затрат на электроремонт, проведены исследования функции (6.1.2.6) для $W_0 = R^{1+\alpha}$, $T_{CP} = \text{const}$ в виде:

$$T'_C = \frac{T_C}{T_{CP}} = R^{1+\alpha} \sum_{i=1}^R i^{-\alpha-\beta} \rightarrow \min \quad (6.1.3.1)$$

при следующих ограничениях на изменение параметров

$$0 < \alpha < 1; \quad 0,01 \leq \beta \leq 0,4; \quad 5 \leq R \leq 150; \quad 1 \leq i \leq R. \quad (6.1.3.2)$$

Исследования функции (6.1.3.1) проводились на ЭВМ по специально разработанной программе «DIA». Диаграммы изменения показателя T'_C в

функции параметров α , β , R приведены на рис. 6.1.3.1, из которых видно, что минимумом функции является ребро А-В.

Каждая точка системного пространства, изображенного на диаграмме, характеризует показателем T'_C какое-либо промышленное предприятие или ремонтную выборку. Если исследовать генеральную совокупность предприятий, например, отрасли черной металлургии, то, применив методы кластер-анализа, их можно классифицировать по параметрам R , α , β , T'_C . Предприятия, образовавшие один кластер, могут быть оптимизированы в сравнении их структур. Для решения данной задачи необходим банк данных по параметрам N -распределений генеральной совокупности предприятий (частотный словарь) отрасли.

Анализ диаграмм показал, что при малых значениях R примерно одинаковое значение на уменьшение T'_C оказывают увеличение параметра β и снижение α . Но уже при числе элементов (электрических двигателей) равном 300, более существенными темпами происходит снижение T'_C при снижении параметра α , чем при увеличении β . То есть при определенном R существует некоторая линия перегиба плоскости, когда процесс снижения разнообразия начинает оказывать большое значение на снижение трудозатрат, чем совершенствование технологии электроремонтного производства.

Если на диаграмме (рис. 6.1.3.1) для одного значения R выполнить сечения, перпендикулярные оси T'_C , то можно получить семейство кривых равновероятных значений показателя T'_C (рис. 6.1.3.2), которые имеют определенный смысл: отражают взаимоувязанный процесс снижения разнообразия и увеличения интенсивности технологического процесса ремонта. Снижение разнообразия (снижение α) увеличивает возможность в проведении мероприятий по интенсификации ремонтных работ, совершенствованию их технологии (увеличение β): ср. линии 1 и 2 на рис. 6.1.3.2. Из кривых видно, что снижение α на 20% для $T'_C = 32383$ увеличивает возможность 50%-го (до $T'_C = 16000$) снижения трудоемкости за счет интенсификации технологического процесса ремонта.

Для оценки величины отклонения T_C от T_F (трудоемкость выполнения электроремонтных работ для случая, когда не учитывается снижение удельной трудоемкости обслуживания и ремонта в многочисленных видах, что и существует на практике в настоящее время) может быть использован показатель:

$$T_c^i = R^{1+\alpha} \cdot \sum_{i=1}^R i^{-\alpha-\beta}, \quad i = \overline{1, R}$$

- характеристический показатель
видового распределения;
- показатель интенсивности технологи-
ческого процесса электроремонта;
- показатель размера множества.

$$0 < \alpha < 1$$

$$0,01 \leq \beta \leq 0,40$$

$$5 \leq R \leq 150$$

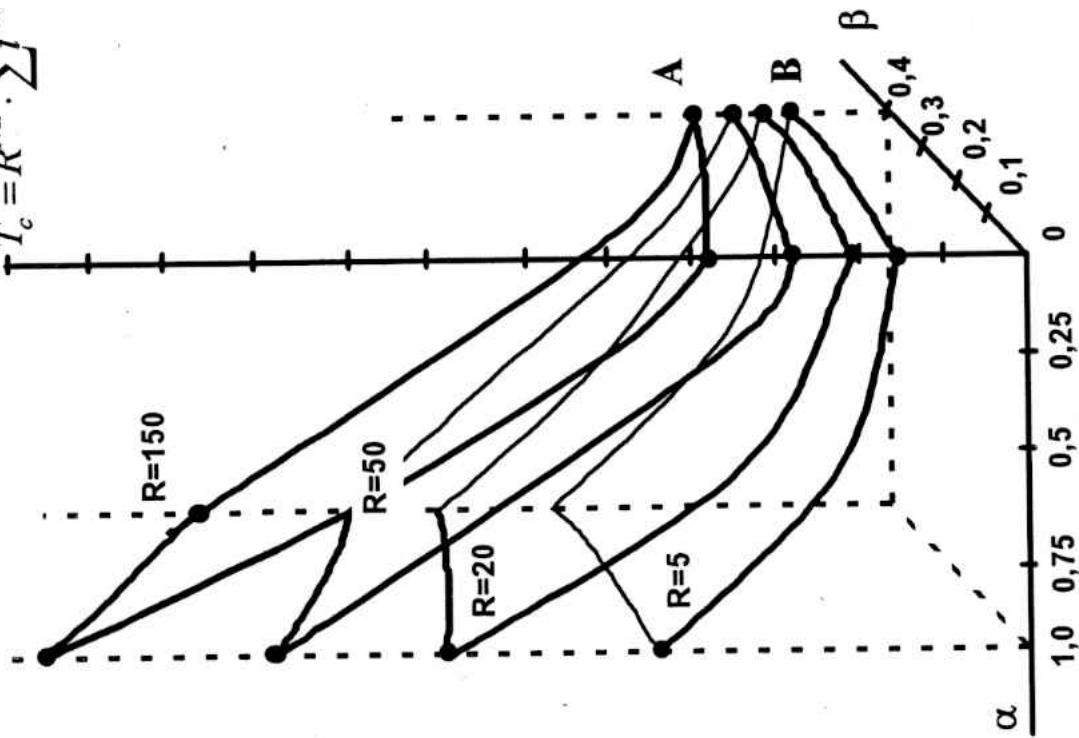


Рис. 6.1.3.1. Диаграмма изменения системного показателя трудоемкости ремонта множества электрических двигателей

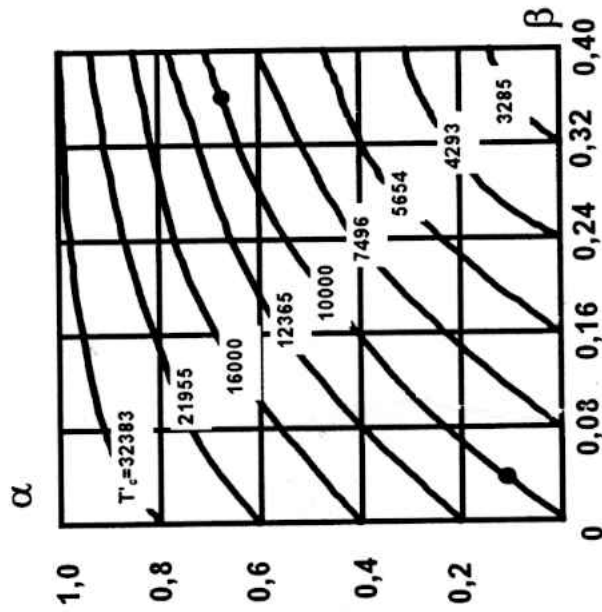


Рис. 6.1.3.2. Семейство кривых равновероятных значений показателя T_c^i при $R = 100$

$$H_T = \frac{T_C}{T_F} = \frac{T_{CP} \sum_{i=1}^k i^{1-\beta} W(i)}{T_{CP} \sum_{i=1}^k i W(i)} = \frac{\sum_{i=1}^k i^{1-\beta} W(i)}{\sum_{i=1}^k i W(i)}, \quad (6.1.3.3)$$

названный показателем напряженности выполнения электроремонтных работ по структуре множества электрооборудования. Показатель является относительной оценкой оптимальности построения структуры по критерию затрат на электроремонт.

Теоретическое значение H_T изменяется в пределах $0 < H_T \leq 1$ ($\beta = \text{const}$). Предельный случай $H_T = 1$ (первое состояние по (1.4.1.13)), означает, что $T_C = T_F$, то есть структура множества представлена только различными видами, нет двух одинаковых (эффект рассеяния) и нет партий, в которых происходило бы снижение трудоемкости при ремонте и обслуживании (самый неэффективный случай построения структуры). Уменьшение величины H_T (уменьшение T_C по сравнению с $T_F = \text{const}$ для рассматриваемой системы) свидетельствует о более эффективном построении структуры, снижении разнообразия, появлении многочисленных видов. Предельный случай $H_T \rightarrow 0$ соответствует эффекту концентрации (второе состояние по (1.4.1.13)).

Как правило эффект от снижения трудоемкости при образовании групп одинакового электрооборудования не определяется ввиду сложности учета, отсутствие сведений по структуре, соответствующей методики на промышленном предприятии, позволяющей дать количественную оценку явления и учесть его, но эффект проявляется в разной напряженности рабочего дня двух бригад, когда в одну смену приходится ремонтировать все разные электрические двигатели, а в другую (при одинаковой расчетной трудоемкости выполнения работ за смены) происходит случайное образование партий, что повышает производительность труда.

Анализ показал практически всегда меньшее значение T_C по сравнению с T_F . Это позволяет сделать важный вывод о том, что в структуре множества электрооборудования (установленного и ремонтируемого за определенный период) скрыт резерв повышения эффективности электроремонтного производства. Показатель величины этого резерва определится по формуле:

$$\mathcal{E}_H = (1 - H_T) \cdot 100, \% \quad (6.1.3.4)$$

Показатель, являясь относительной оценкой оптимальности построения структуры по критерию затрат на электроремонт, позволяет определить на

сколько теоретически может быть снижена трудоемкость выполнения электроремонтных работ при данном построении структуры (видовом распределении). Изменение показателя на диаграмме (рис. 6.1.3.3) отмечено заштрихованной областью.

Результаты расчета \mathcal{E}_n по эмпирическим распределениям, проведены по специально разработанной программе. В расчетах для наглядности сравнительной оценки принят средневзвешенный показатель $\beta_{CB} = 0,14$. Математическое ожидание величины показателя \mathcal{E}_n для установленных электродвигателей составило 35%, ремонтируемых за год - 27%, за 6 месяцев - 20%, за квартал - 14%, за месяц - 8%. Очевидно, что весь эффект, заложенный в структуре установленных электродвигателей использован быть не может, так как ремонту подвергается только часть этих электродвигателей.

Теоретически оценить величину возможной реализации резерва повышения эффективности, скрытого в структуре множества ремонтируемого электрооборудования можно следующим образом. Формула для определения T_C учитывает снижение трудоемкости во всех кастах, в том числе и малочисленных видах, близких к $W(1)$, таких как $W(2)$, $W(3)$, $W(4)$. На практике снижение трудоемкости при ремонте таких видов организовать трудно, поэтому был рассчитан показатель \mathcal{E}_n без учета снижения трудоемкости в неоднородных кастах (первых R кастах). Результаты расчета показали, что отклонение этого показателя от показателя, рассчитанного по всей структуре незначительно. Это говорит о том, что резерв \mathcal{E}_n определяется в основном однородными кастами и практически весь для ремонтной выборки может быть реализован.

Показатели N_T и \mathcal{E}_n в отличие от показателя T_C , являясь относительными, позволяют обобщенно оценить, сравнить по оптимальности построения структуры различных предприятий, в том числе разных по величине, то есть по количеству установленного электрооборудования. Например, для генеральной совокупности установленных электрических двигателей Борского стекольного завода $\mathcal{E}_n = 51\%$, а Карагандинского металлургического комбината $\mathcal{E}_n = 40\%$, на основании чего можно сказать, что структура множества электрических двигателей Карагандинского металлургического комбината на 11% «хуже» построена с точки зрения возможностей интенсификации электроремонтного производства.

Опираясь на введенные показатели возможно, не зная трудоемкости отдельных операций, сравнить две структуры по оптимальности построения в целом: определяются α и β , показатель ε принимается для возможности сравнения одинаковым; определяются

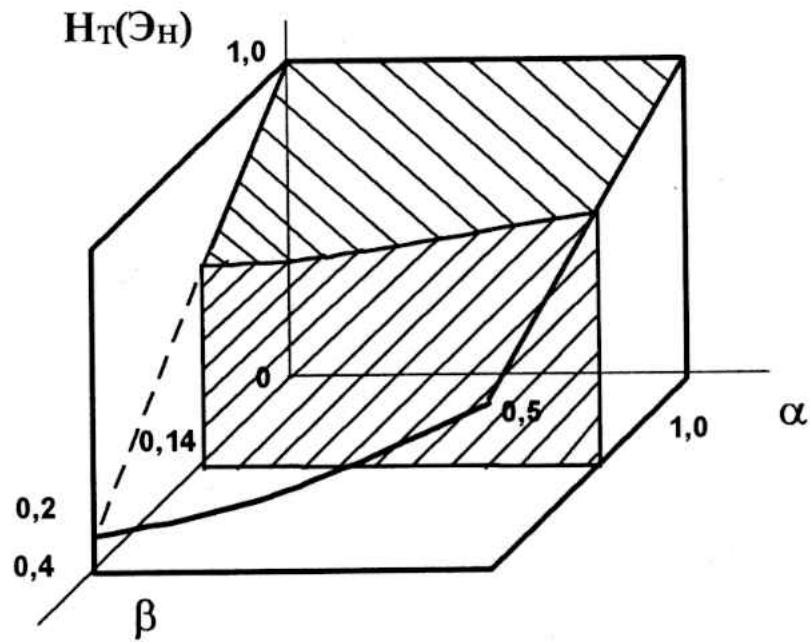


Рис. 6.1.3.3 Диаграмма изменения относительных показателей $N_T(\text{ЭН})$ в пространстве параметров N -распределения

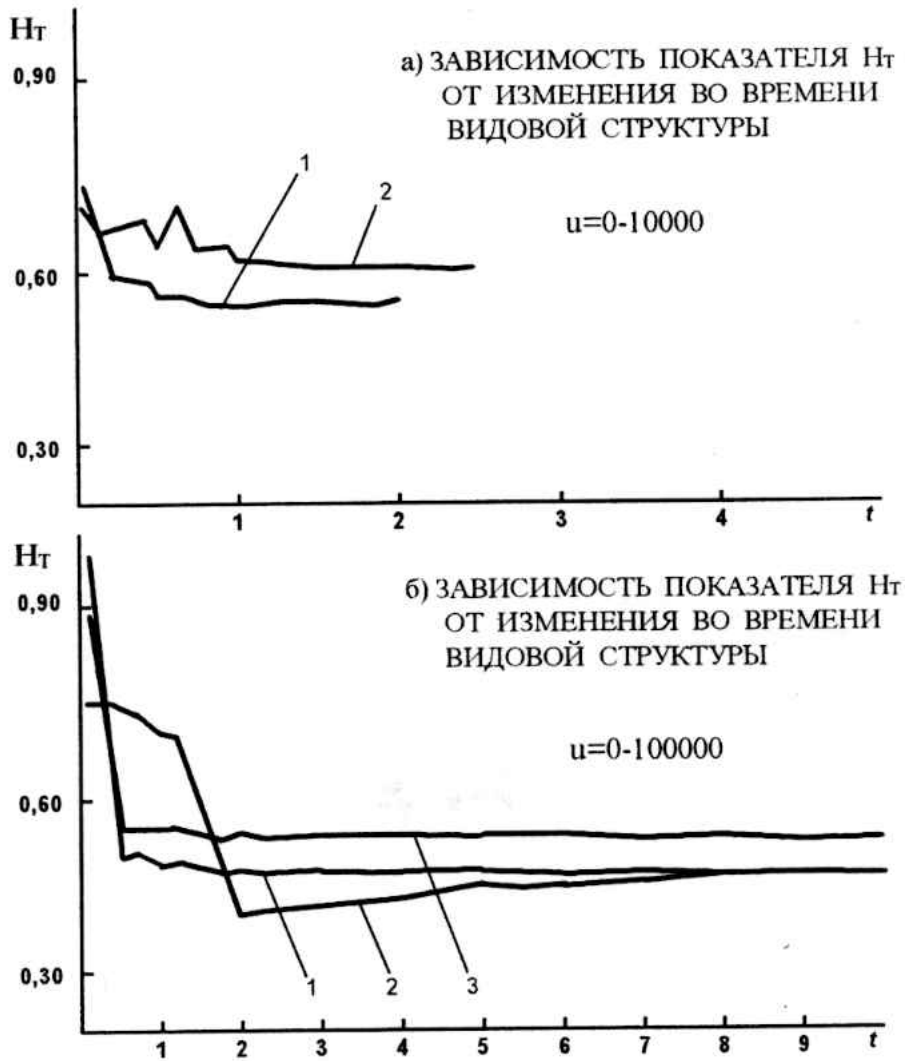


Рис. 6.1.3.4 Результаты статистических испытаний.

$$H_T^{(1)} = \sum_{i=1}^k i^{-\alpha_1 - \beta_1} / \sum_{i=1}^k i^{-\alpha_1} \quad \text{и} \quad H_T^{(1)} = \sum_{i=1}^k i^{-\alpha_2 - \beta_2} / \sum_{i=1}^k i^{-\alpha_2}, \quad \text{которые}$$

сравниваются.

Проведено исследование показателя H_T на модели метода статистических испытаний при изменении во времени по вероятностно заданному закону параметров структуры. Для исследования использована схема численного моделирования на ЭВМ, когда H -распределение генерируется на основе функций класса $\frac{1}{x} \exp \left[a - b \cdot x \cdot \left(1 + \frac{c}{x^2} \right) \right]$, для $x \geq 1$, где a, b, c -

постоянные. Распределение видов по повторяемости находится как реализация экстремума функционала, определяющего уклонение распределения элементов по кастам от равномерного. В качестве меры уклонения выбрана энтропия нормированного распределения элементов:

$$H_U = \sum_{i=1}^k \frac{U_i}{U} \ln \frac{U_i}{U}, \quad \text{где } U_i - \text{число элементов в касте; } U - \text{общее количество элементов.}$$

Изменение параметра H_U в каждый условный момент времени $t=1,2,\dots$ определялось случайным изменением числа видов и их численности от некоторого заданного начально [158, 204].

В результате имитации показателя H_T по алгоритму [204] выявлена общая характерная закономерность его изменения во времени - устойчивая сходимост к некоторой постоянной величине: для выборок ремонтируемых электрических двигателей (диапазон изменения $U=0-10000$) $H_T^* = 0,60$; выборок установленных электрических двигателей (диапазон изменения $U=0-100000$) $H_T^* = 0,50$ (рис. 6.1.3.4)

Характер изменения H_T объясняется следующим образом: на начальном этапе развития предприятия происходит более быстрый рост числа видов по сравнению с ростом общего количества элементов (это увеличивает значение показателя H_T); с течением времени при сформировавшейся структуре предприятия каждый поступивший электрический двигатель в структуру может быть отнесен к какому-либо, уже существующему на предприятии, виду; при возрастании общего количества электрических двигателей происходит замедление темпов роста числа новых видов, что подтверждается эмпирическими данными (рис. 1.4.2.7).

Анализ результатов показал наличие небольшого разброса в темпах снижения H_T (кривые 1,2,3 на рис. 6.1.3.4), скоростью четкого установления устойчивых границ которого определялось количество испытаний (3000-5000 реализаций на ЭВМ). Разброс имеет определенный смысл,

вероятностно реализуются варианты начального этапа формирования структуры, когда в начале появляется сразу много редких видов и затем происходит постепенный процесс насыщения их элементами (1,3 рис. 6.1.3.4 б), или появляются постепенно виды уже определенной численностью (2, рис. 6.1.3.4 б) например, комплексные поставки на предприятии «систем машин». Результаты исследования показателя N_T на вероятностной модели статистических испытаний подтвердили устойчивость величины резерва повышения эффективности электроремонтного производства, скрытого в структуре множества эксплуатируемого электрооборудования. В работе рассматривается оценка резерва повышения эффективности электроремонтных работ, подтвержденная аналогичными исследованиями [244].

Таким образом: 1) в структуре множества электрооборудования скрыт резерв повышения эффективности электроремонтного производства, математическое ожидание величины которого составляет для установленных электрических двигателей - 35%, ремонтируемых за год - 27%, за шесть месяцев - 20%, за квартал - 14%, за месяц - 8%; 2) для промышленного предприятия оптимизация структуры по критерию затрат на электроремонт заключается в минимизации разнообразия видов эксплуатируемого электрооборудования в границах параметров структуры, определяемых состоянием видового распределения - норма.

6.2. Управление видовой структурой эксплуатируемого электрооборудования по критерию минимизации трудоемкости электроремонтных работ

Показатели, характеризующие свойства систем, могут быть определены одним из двух способов [37]: 1) путем обработки данных натурального эксперимента; 2) методом моделирования процесса функционирования сложной системы. Из-за невозможности проведения натуральных испытаний - изменения структуры множества электрооборудования системы в приемлемые для эксперимента сроки (структура складывается в течении всего срока «жизни» предприятия), целесообразно применять моделирование, которое является эффективным методом оценки вариантов структуры сложной системы на стадии ее проектирования (особенно в условиях САПР). Наиболее применим метод имитационного моделирования, заключающийся в построении математической модели структуры, реализованной программно. Это позволяет в интерактивном режиме изменять состояние исходной информации и изучать влияние этого изменения на показатели эффективности. Алгоритм имитационной модели управления видовой структурой множества эксплуатируемого электрооборудования «WID» приведен на рис. 6.2.1.