

УДК 630\*3

***А.М. Меньшиков, А.М. Копейкин***

Меньшиков Александр Михайлович родился в 1958 г., окончил в 1985 г. Архангельский лесотехнический институт, доцент кафедры промышленного транспорта Архангельского государственного технического университета. Имеет 20 печатных работ в области лесовозного транспорта.



Копейкин Адольф Михайлович родился в 1936 г., окончил в 1959 г. Архангельский лесотехнический институт, доктор технических наук, профессор кафедры лесопильно-строгальных производств Архангельского государственного технического университета, заслуженный работник лесной промышленности РФ. Имеет более 100 научных трудов в области прогнозирования, технологии лесопиления и деревообработки.



### **О НОВОМ СПОСОБЕ АНАЛИЗА И ИНТЕРПРЕТАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ЛЕСОЗАГОТОВОК**

Продемонстрированы возможности и направления практического приложения способа анализа и интерпретации технологического процесса лесозаготовок.

*Ключевые слова:* лесозаготовительное производство, вывозка древесины, динамические временные ряды показателей, спектральный анализ процессов.

В последние годы существенно улучшилось качество натуральных показателей лесозаготовительного производства. Стандартизованы методы измерения и учета круглых лесоматериалов, что обеспечивает достаточно высокую точность и надежность обмеров транспортных пакетов древесины. На многих предприятиях ЛПК действуют системы автоматизированного контроля поступающего на нижние склады сырья и выхода лесопроизводства. Для оперативного управления вывозкой древесины, контроля за продолжительностью рейса и пробегом лесовозных автопоездов применяют современные системы спутниковой навигации.

Использование обширных массивов первичных данных сводится, как правило, лишь к вычислению и анализу средних значений показателей, их абсолютных приростов, темпов роста и прироста по отношению к принятой для сравнения базе. Несоразмерность затрат на информационное обеспечение управления производством с эффективностью использования информации очевидна. В действительности данные о вывозке древесины обладают существенно большей информативностью, однако раскрыть ее с помощью традиционных методов не представляется возможным.

Новый способ технологического анализа и интерпретации процессов лесозаготовок разработан в Архангельском государственном техническом университете. В качестве предмета анализа используют временные ряды

натуральных показателей процессов. Способ включает определение автокорреляционных функций динамических рядов показателей; спектральных и кросс-спектральных характеристик процессов [2, 3]; последовательный анализ внутренней структуры рядов и анализ выбросов случайных остаточных процессов. Этот способ позволяет идентифицировать отдельно колебания объемов производства, вызванные действием объективных случайных факторов, и колебания, связанные с установленной периодичностью статистической отчетности, а также измерить и сравнить степень разупорядоченности процесса в разные периоды времени и своевременно выявить недопустимые отклонения в рабочем ритме, обнаружить которые традиционным путем невозможно. На уровне конкретных предприятий может быть решена задача оперативного (в ритме с поступлением первичных данных) выявления разладки процессов, на уровне корпораций и отрасли в целом – задача своевременного обнаружения момента входа их в фазу кризиса.

Рассмотрим временной ряд данных о вывозке древесины одним из наиболее крупных лесозаготовительных предприятий Архангельской облас-

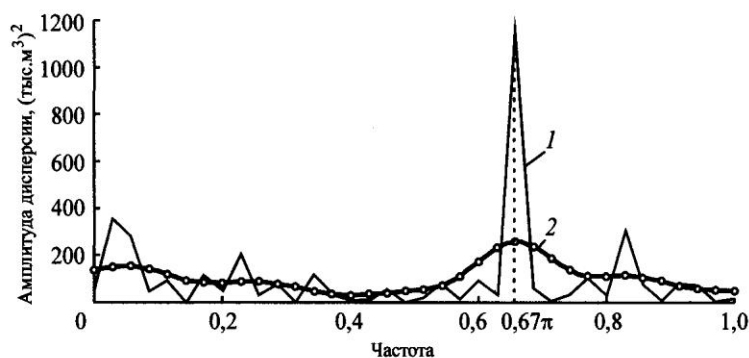


Рис. 1. Спектральные характеристики стационарного остаточного ряда процесса вывозки древесины ОАО «Устьялес» в 1998–2003 гг.: 1 – эмпирический спектр дисперсий; 2 – оценка спектральной плотности при ширине спектрального окна  $n = 18$

ти ОАО «Устьялес» в 1998–2003 гг. В соответствии с методикой [2, 3] выделим стохастическую составляющую процесса вывозки и определим ее эмпирические спектральные характеристики.

В спектре на рис. 1 в целом ритмично протекающего процесса вывозки на частоте  $0,67\pi$  обнаружена существенная циклическая составляющая, почти в 10 раз превышающая среднее значение дисперсии процесса. Однако в данном случае эта частота соответствует 3 мес, т.е. выявленный пик спектра совпадает с периодичностью квартальной статистической отчетности предприятия, поэтому вряд ли он может быть интерпретирован как выброс дисперсии, обусловленный спецификой функционирования процесса.

Сравним процесс вывозки древесины Корниловским ЛПХ объединения «Архлеспром» и его правопреемником ОАО «Двинлес» в разные периоды времени: 1981–1986 гг. и 1998–2003 гг. Для этого проанализируем их

временные ряды показателей обычным способом с позиций теории экономического роста.

Из приведенных на рис. 2 гистограмм видно, что фактические производственные мощности сравниваемых процессов (среднегодовые за

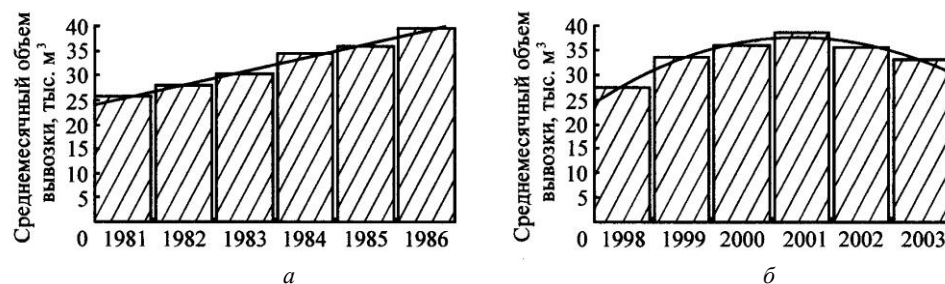


Рис. 2. Динамика вывозки древесины Корниловским ЛПХ в 1981–1986 гг. (а) и его правопреемником ОАО «Двинлес» в 1998 – 2003 гг. (б)

5\*

рассматриваемый период значения объемов вывозки древесины) достаточно близки:  $\bar{X} = 387,6$  тыс. м<sup>3</sup>/год у Корниловского ЛПХ и  $\bar{X} = 409,8$  тыс. м<sup>3</sup>/год у ОАО «Двинлес». Представление о различии технологических ритмов процессов дают выборочные дисперсии  $\sigma_1^2 = 177,2$  (тыс. м<sup>3</sup>)<sup>2</sup>,  $\sigma_2^2 = 932,7$  (тыс. м<sup>3</sup>)<sup>2</sup> и коэффициенты вариации  $k_{V_1} = 0,412$ ,  $k_{V_2} = 0,894$  исходных временных рядов. Кроме этого, можно вычислить темпы прироста или спада в развитии процесса по отношению к выбранной базе. Этим и ограничивается объективная информация, которую можно извлечь из первичных статистических данных традиционным способом.

Методами динамического анализа стационарных случайных процессов можно получить дополнительную информацию.

Оба исходных процесса имеют выраженные тенденции среднего уровня, причем абсолютно разные: первый – поступательно нарастающую тенденцию развития, второй – осциллирующую тенденцию переходного периода. В этом случае прямые оценки статистических моментов второго порядка, характеризующих внутреннюю структуру процессов, не будут эффективными и сравнение их между собой не имеет смысла, поскольку ковариации последовательных уровней у обоих рядов связаны через тренды.

Информация о внутренней структуре и вариации процессов содержится в стационарных рядах случайных остатков, полученных элиминированием из исходных данных систематических компонентов – трендов и установившихся сезонных колебаний [2, 3]. Оценки эмпирических спектральных характеристик остаточных рядов процессов вывозки в разные периоды времени сопоставлены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, спектр дисперсий процесса вывозки Корниловского ЛПХ отличается от ОАО «Двинлес» сравнительно небольшой амплитудой колебаний отдельных гармоник и значительно более равномерным распределением дисперсии по полосе частот.

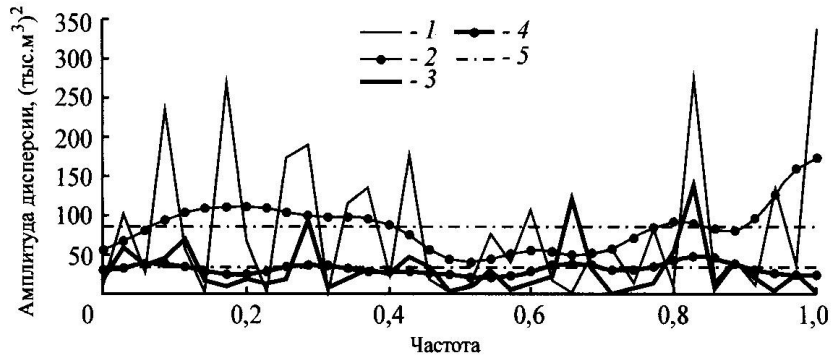


Рис. 3. Эмпирические спектры (1, 3) и оценки спектральных плотностей остаточных рядов процессов вывозки древесины (2, 4) Корниловским ЛПХ в 1981–1986 гг. (3, 4) и ОАО «Двинлес» в 1998–2003 гг. (1, 2); 5 – среднее значение дисперсии остатков

Высшие гармоники в спектре Корниловского ЛПХ на частотах  $0,31\pi$  и  $0,67\pi$  скорее всего также являются проявлением периодичности принятой на предприятиях ЛПК статистической отчетности, в данном случае полугодовой (6 мес) и квартальной (3 мес) соответственно. Выброс дисперсии на частоте  $0,83\pi$  свидетельствует о наличии в динамике процесса краткосрочных циклов с периодом 2,4 мес. В целом график оценки спектральной плотности осциллирует относительно прямой, соответствующей среднему значению дисперсии остатков  $\sigma_{\varepsilon_i}^2 = 31,87$  (тыс. м<sup>3</sup>)<sup>2</sup>, с весьма небольшими отклонениями, т. е. близок к графику белого шума, что свидетельствует о весьма благоприятном протекании процесса вывозки древесины в период 1981–1986 гг.

Неравномерное распределение дисперсии с группированием в локальных областях спектра отражает существенную аритмию и разупорядоченность процесса вывозки у ОАО «Двинлес» в период 1998–2003 гг. Спектр имеет заметный гармонический тренд. В области низких частот  $\omega \in [0,08\pi; 0,42\pi]$ , соответствующих циклам с периодом от 2 лет до 4,8 мес, и в области высоких частот  $\omega \in [0,78\pi; \pi]$  с периодичностью 2,6 ... 2,0 мес спектральная плотность превышает среднее значение дисперсии остатков  $\sigma_{\varepsilon_i}^2 = 83,46$  (тыс. м<sup>3</sup>)<sup>2</sup>, а на средних частотах  $\omega \in [0,44\pi; 0,78\pi]$ , соответствующих периоду 4,5 ... 2,6 мес, опускается ниже среднего уровня. Размах колебаний достаточно велик: дисперсия на частоте Найквиста превышает среднее значение более чем в 2 раза. Отсюда следует весьма важный вывод о том, что прогнозирование развития данного процесса на основе средней за рассмотренный период величины дисперсии, без учета резкого ее увеличения в конце периода (последние данные временного ряда обычно являются отправной точкой прогноза), будет сопровождаться существенным занижением доверительного интервала и приведет к недостоверности прогноза в целом. Напротив, углубленный анализ и учет особенностей спектра диспер-

сии являются гарантией корректности прогноза развития процесса в ближайшей перспективе.

Кроме того, разработанный способ анализа и интерпретации лесозаготовительных процессов позволяет осуществлять текущий контроль и оперативное управление синхронно с очередным поступлением оперативной информации, обоснованно устанавливать объемы производства при разработке перспективных планов и программ технологического развития с учетом цикличности и сезонной периодичности лесозаготовок. Алгоритмы решений этих задач базируются на последовательном анализе временных рядов, разработанном А. Вальдом [1, 4], и взаимосвязи амплитудных и спектральных характеристик в теории выбросов случайных процессов [5].

Практическое приложение данного способа рассчитано на использование его лесозаготовительными предприятиями, корпорациями, региональными и отраслевыми департаментами ЛПК

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вальд, А. Последовательный анализ [Текст] / А. Вальд; пер. с англ. П.А. Бакута [и др.]. – М.: Физматгиз, 1960. – 328 с.
2. Меньшиков, А.М. Анализ динамических рядов транспортно-технологических процессов вывозки древесины (на примере Архангельской области) [Текст] / А.М. Меньшиков, А.М. Копейкин; ОАО «Научдревпром-ЦНИИМОД». – Архангельск, 2003. – 40 с. – Деп. в ВИНТИ 15.12.2003, № 2177-В2003.
3. Меньшиков, А.М. Применение спектральных методов в исследованиях технологических процессов лесозаготовительного производства [Текст] / А.М. Меньшиков, А.М. Копейкин // Лесн. журн. – 2004. – № 6. – С. 31–41. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Никифоров, И.В. Последовательное обнаружение изменения свойств временных рядов [Текст] / И.В. Никифоров. – М.: Наука, 1983. – 189 с.
5. Тихонов, В.И. Выбросы случайных процессов [Текст] / В.И. Тихонов. – М.: Наука, 1970. – 392 с.

Архангельский государственный  
технический университет

Поступила 20.12.05

*A.M. Menshikov. A.M. Kopejkin*

#### **On New Analysis and Interpretation Method for Technological Process in Forest Harvesting**

Possibilities and directions of practical application of analysis and interpretation method for technological process in forest harvesting are demonstrated.

