

УДК 51:621.1

**ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ
ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
В ТЕХНИЧЕСКОМ УНИВЕРСИТЕТЕ**

В.В. Игнатенко

*УО «Белорусский государственный технологический университет»,
г. Минск*

Теория массового обслуживания является одним из разделов высшей математики и достаточно широко используется в приложениях, связанных со случайными процессами. Как правило, она используется для построения стохастических моделей, когда нельзя построить детерминированные модели, т.е. когда входящие в модель параметры строго определены, например, как в линейном программировании. При построении математических моделей очень важно знать специфику производственных задач, для которых строятся математические модели. Поясним это на задачах лесопромышленного комплекса.

В настоящее время в лесном комплексе задействовано очень много различных машин – это харвесторы, форвардеры, лесовозы, щеповозы, различные манипуляторы, лесопильные и строгальные станки различных типов и целый ряд других. Их работа очень сильно зависит от породы и возраста древесины, состава, местоположения лесосеки, времени года и некоторых других случайных факторов.

Современному инженеру приходится анализировать работу отдельных узлов, работу всего механизма в целом, а так же работу всей технологической линии. При достаточно широком выборе однотипных механизмов, очень важно правильно подобрать их при построении технологической линии. Хотя каждая из вышеуказанных машин имеет заводские характеристики, но этого недостаточно для составления высокоэффективной технологической цепочки, в силу влияния случайных факторов. Например, подъездные пути для вывозки древесины, заготовка древесины в заболоченной местности очень зависят от погодных условий и времени года. Решение этих проблем практически невозможно без использования математических моделей исследуемых объектов. Как правило, это стохастические модели.

В Белорусском государственном технологическом университете для лесопромышленного комплекса готовят специалистов по трем специальностям: «Лесная инженерия и логистическая инфраструктура лесного комплекса», «Технология деревообрабатывающих производств», «Машины и оборудование лесного комплекса». Для этих специальностей в курсе высшей математики изучается теория массового обслуживания (ТМО). Поскольку в техническом университете

математика является обслуживающей дисциплиной, то и изложение ТМО ориентировано на её использование при решении прикладных задач. Здесь, при преподавании ТМО, не нужно строгое изложение с доказательствами как в классическом университете. Очень важно чтобы студенты усвоили основные понятия: случайный процесс, марковский процесс (показать, что в сущности, любой процесс можно рассматривать как марковский, если все параметры из «прошлого», от которых зависит «будущее», включить в «настоящее» и привести пример), процесс с дискретными состояниями и непрерывным временем, размеченный граф состояний, потоки событий и их характеристики, пуассоновский и простейший потоки. Причем все примеры при изучении этих понятий должны быть из реального производства. Например, поток лесовозов, прибывающих на нижний склад, поток отказов ленточной пилорамы и тому подобные. Чтобы студент сразу понимал, что это не просто теория, а пригодится в будущей работе.

Нужно научить студента правильно выбирать существенные состояния системы, а так же строить размеченный граф. При построении графа состояний, для процесса с дискретными состояниями рассматривается конкретный производственный процесс со многими состояниями, из которых выбираются только наиболее существенные и только для них строится граф. Так как увеличение числа состояний ведет к усложнению математической модели. Например, если мы рассматриваем работу раскрывочной машины, то мы можем выделить следующие состояния:

- S_1 – установка осуществляет раскрывку хлыстов;
- S_2 – установка исправна и простаивает из-за отсутствия хлыстов;
- S_3 – установка исправна и простаивает из-за отсутствия топлива;
- S_4 – установка исправна и простаивает из-за погодных условий;
- S_5 – установка неисправна и ведется ремонт;
- S_6 – установка неисправна и ремонт не ведется, – нет запчастей;

Если мы поданным состояниям построим граф и запишем систему уравнений Колмогорова, то получим систему из шести уравнений с шестью неизвестными. Поэтому целесообразно состояния S_2, S_3, S_4 объединить в одно состояние S_2 – установка исправна и простаивает, а состояния S_5, S_6 объединить в одно состояние S_3 – установка неисправна.

В этом случае система уравнений Колмогорова значительно упростится и сведется к трем уравнениям. Показывается, как по размеченному графу состояний записывается система уравнений Колмогорова [1]. Перед тем как записывать дифференциальные уравнения Колмогорова студент должен твердо усвоить понятие вероятности со-

стояния и то, что в любой момент времени система находится в одном из состояний, – т.е. сумма вероятностей состояний равна единице.

При записи дифференциальных уравнений Колмогорова для состояний системы не надо строго выводить уравнения, достаточно дать мнемоническое правило для их записи.

Правило. Чтобы записать уравнение Колмогорова для i -го состояния, нужно в левой части уравнения записать производную $\frac{dP_i(t)}{dt}$; в правой части уравнения – сумму произведений вероятностей всех состояний, из которых идут стрелки в данное состояние, на интенсивность соответствующих потоков минус суммарная интенсивность всех потоков, выводящих систему из данного состояния, умноженная на вероятность данного i -го состояния.

Здесь $P_i(t)$ вероятность того, что в момент t система будет находиться в i -ом состоянии. После чего для конкретного примера нарисовать размеченный граф и записать уравнения Колмогорова.

Затем переходим к финальным вероятностям. Разъясняем, что такое финальные вероятности и при каких условиях они существуют, что такое переходный и стационарный режимы работы, время переходного режима системы. Показывается, как из системы уравнений Колмогорова получается алгебраическая система уравнений для нахождения финальных вероятностей. После этого нужно решить реальную производственную задачу (например, работа раскряжёвочной машины) проанализировать полученные решения и сделать выводы по изучаемой задаче. Например, если в раскряжёвочной машины большое время простоя, то какие нужно провести технологические или организационные мероприятия, чтобы его уменьшить.

Обязательно надо объяснить физический смысл финальных вероятностей. Финальная вероятность – это относительное время нахождения системы в данном состоянии при установившемся режиме. На конкретном примере, например на формировании лесозаготовительной пары «хорвестор – форвардер» показать, как подбирается одна из машин при наличии второй.

Литература

1. Игнатенко, В. В. Моделирование и оптимизация процессов лесозаготовок: учеб. пособие для студентов специальности «Лесоинженерное дело» / В. В. Игнатенко, И. В. Турлай, А. С. Федоренчик. – Минск: БГТУ, 2004. – 180 с.