

Студ. Е.И. Барташевич
Науч. рук. доц. Р.О. Короленя
(кафедра информатики и веб-дизайна, БГТУ)

УЧЕТ ПАРАДОКСА БРАЕСА ПРИ МАРШРУТИЗАЦИИ ПЕРЕВОЗОК ДРЕВЕСИНЫ

Сортиментная технология лесозаготовок позволяет осуществлять доставку лесоматериалов непосредственно конечному потребителю («во двор потребителя»). Перевозка древесины потребителям при этом может осуществляться с использованием различных вариантов организации работы сортиментовозов на маршрутах [1]. При этом, основные объемы древесины перевозятся по дорогам общего пользования, в связи с чем, проблемы с которыми сталкиваются при маршрутизации перевозок, включают в себя и перечень трудностей, возникающих на самих дорогах общего пользования в процессе передвижения по ним.

На сегодняшний день одной из актуальных транспортных проблем является снижение производительности сети дорог общего пользования и увеличение среднего времени корреспонденций. Наблюдаемая тенденция обусловлена рядом причин, таких как: рост уровня автомобилизации населения; увеличение интенсивности использования индивидуально транспорта; снижение эффективности городского пассажирского транспорта; увеличение потребности жителей города в перемещениях; диспропорция между уровнем автомобилизации и темпами дорожного строительства и др. [2]. Решение данной транспортной проблемы имеет ключевое значение как для развития современных городов, так и для планирования оптимальных маршрутов перевозок древесины.

Логичное решение о создании дополнительных дорог с целью уменьшения нагрузок на сложившуюся дорожную сеть на практике приводит к диаметрально противоположному исходу.

Впервые вопрос об этом явлении был поднят немецким математиком Дитрихом Браесом в статье 1968 года, согласно которой, добавление дополнительных мощностей в сеть при условии, что двигающиеся по сети объекты сами выбирают свой маршрут, может снизить общую производительность. Это явление получило название парадокса Браеса. [3]

Рассмотрим на примере явление парадокса Браеса при планировании перевозок древесины с промежуточного склада потребителям по дорогам общего пользования (Рис. 1).

Предположим, что в пункте **В** расположен промежуточный лесопромышленный склад в непосредственной близости к участку дороги общего пользования. Время на преодоление участка от промежуточного склада в пункте **В** до потребителей, находящихся в пункте **К** (населенный пункт, город), составляет $t_{BK} = 20$ мин.

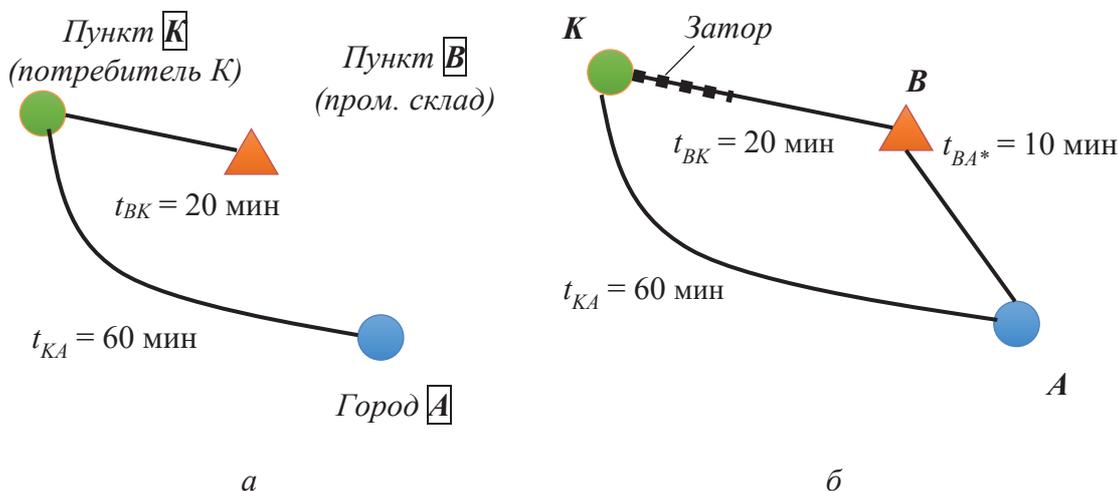


Рисунок 1 – Расчетные модели:

- а – схематическая модель транспортной системы до введения новой дороги;
- б – схематическая модель транспортной системы после введения новой дороги

Ориентировочная продолжительность проезда из пункта **К** в пункт **А** (город, населенный пункт) составляет $t_{KA} = 1$ час. Из промежуточного склада до потребителей в пункте **А** можно добраться только через город **К**, при этом, учитывая время на преодоление участка **ВК**, получим: $t_{BA} = t_{KA} + t_{BK} = 60 + 20 = 80$ мин. (Рис. 1, а).

В целях уменьшения времени, затрачиваемого на проезд между пунктами **В** и **А**, и, следовательно, между лесопромышленным складом в пункте **В** и потребителями города **А**, была построена дополнительная дорога, время передвижения по которой составило $t_{BA^*} = 10$ минут (Рис. 1, б).

Каждый водитель с намерением быстрее добраться до пункта **К** из пункта **А** начал использовать новый участок **ВА**, предварительно сложив 10 минут до пункта **В** и 20 минут до пункта **К**, и получив время на дорогу $t_{AK} = 30$ мин., что в $60/30 = 2$ раза меньше, чем по первоначальному маршруту. Но будет ли верно это утверждение.

Время проезда с использованием новой дороги займет порядка 1 часа, так как 30 лишних минут водители простоят в транспортном заторе между пунктами **В** и **К**. При этом, затор будет эквивалентен 30 минутам. Если же затор будет значительно меньше, то еще большее количество водителей будут выбирать этот маршрут и в результате, он

все равно будет увеличиваться. Обратная ситуация так же невозможна, так как, если затор будет существенно больше – автомобилисты будут отдавать предпочтение первоначальной дороге, без проезда пункта **В**. Равновесное значение длины затора – это результат теоретико-игрового взаимодействия автомобилистов, которые принимают решение, куда ехать, в результате которого всегда будет затор ровно такой, чтобы сумма времени проезда была равной по обеим дорогам. Так проявляется 1-й принцип Вардропы: «Время путешествия по всем используемым маршрутам одинаково и меньше времени, которое потребовалось бы одному транспортному средству для поездки по любому из неиспользуемых маршрутов» [4].

В конечном итоге мы получаем, что для всех водителей, желающих добраться из города **К** в город **А**, время на передвижение останется приблизительно тем же: $t_{КА} = 1$ час. В то время как перевозка древесины с промежуточного склада **В** до потребителей **К** вместо ранее затрачиваемых 20 минут составит: $t_{ВК} = 20 + 30 = 50$ мин., с учетом возникающего тридцатиминутного затора.

Таким образом, введение дополнительной дороги не только не дало положительного эффекта для дорожной обстановки, но и дополнительно существенно ухудшило ситуацию на отдельных ее участках, и тем самым увеличило время перевозки древесины. Это и есть один из примеров явления парадокса Браесса, который, на наш взгляд, необходимо учитывать при планировании работы сортиментовозов при перевозках древесины на дорогах общего пользования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Короленя Р. О. Показатели работы сортиментовозов при различных схемах организации перевозки древесины / Р. О. Короленя, Е. И. Барташевич // Лесная инженерия, материаловедение и дизайн: материалы 87-й научно-технической конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 31 января – 17 февраля 2023 года. – Минск: БГТУ, 2023. – С. 99-101.

2. Бирюков В.К. Проблемы транспортных систем городов и возможные пути их решения / В.К. Бирюков, А.В. Власов, К.Н. Демченко //Международный научно-исследовательский журнал.– 2015. – №2 (33).

3. Braess D. Uber ein Paradoxon aus der Verkehrsplanung // Unternehmensforsch. – 1968. – V. 12. – № 1. – P. 258–268.

4. Макконелл Дж. Основы современных алгоритмов // Учебное пособие по направлению подготовки специалистов «Информатика и вычислительная техника»/Перевод с английского под ред. С.К. Ландо, 2-е изд-е, дополненное – М.: Техносфера, 2004. – 366 с.