

Производителност на системите за приемане на зърно в зърнохранилищата

Николай Димитров

Capacity of truck receiving systems in grain storage facilities: *The capacity of truck receiving systems in grain storage facilities is determined using the "Queueing theory". The "M/M/c" model of queue with one or two service systems and discipline "first in - first out" is used. The required mean service rate is determined with restrictive conditions the mean time in the system should not exceed 0.5 and 1 h with confidence levels 0.95 and 0.999. Relationships between mean arrival rate and mean service rate of trucks is established. The capacity of receiving systems is determined as function of maximum daily supplies, average truck capacities and working hours of the facility. Correlations for one service system is linear ($R^2=100\%$) and for two service systems are close to linear ($R^2>99\%$).*

Key words: *capacity, receiving, grain storage facilities, „Theory of queue“*

ВЪВЕДЕНИЕ

Извозването на зърното до зърнохранилищата често има сезонен и цикличен характер, който влияе отрицателно върху логистичната ефективност на цялата система. По време на периодите с пикови обеми на постъпленията се наблюдават дълги опашки от превозни средства, задръствания и продължително чакане. Сезонните и дневни максимуми при постъпване на зърното определят капацитета на приемните системи.

Paulsen and Obekirk [5] изчисляват приемната способност на зърнохранилищата в зависимост от темпа на жътвата, броя и капацитета на превозните средства и разстоянията от полето до зърнохранилището.

Досегашната практика в България е приемните системи да се проектират въз основа на коефициенти, отчитащи максималното дневно и часово постъпление на зърното [7,9]. Тези коефициенти са получени опитно, чрез измерване на постъпващото по време на жътва зърно в няколко големи зърнохранилища (цитирано от Казаков [8]). Недостатък на метода е частния характер на резултатите. Предлаганите коефициенти зависят от конкретните условия, при които са определени. При промяна в интензивността на постъпленията и средната товароносимост на превозните средства, коефициентите могат да станат невалидни.

„Теорията на масовото обслужване“ („Теорията на опашките“) осигурява основа за изчисляване на естеството и степента на задръстванията в условията на непостоянни доставки и определя ефективната взаимовръзка между капацитета на приемните системи и модела на пристигане на превозните средства.

„Теорията на масовото обслужване“ е използвана при оптимизиране на зърнохранилища с едно авторазтоварище [1]. Сравнени са две стратегии на приемане – последователно по реда на пристигането на камионите и чрез групиране на партии според вида на зърното. Fuller & Paggi [4] определят оптималния капацитет на приемните системи в пристанище за експорт на зърно в зависимост от стойността на престоя и разходите за труд и амортизация на капиталите. Според Bouland [3] оптимално съотношение между разходи за експлоатация и престой имат системите с максимално време на изчакване 1h.

Цитираните изследвания са свързани с конкретни зърнохранилища. Интерес представлява създаването на общ метод за определяне на производителността на приемните системи към зърнохранилища със силно неравномерни постъпления, характерни при директно приемане на зърното от полето. В настоящата работа се предлага метод за определяне на необходимата производителност на системите за приемане на зърно, доставяно в зърнохранилищата с автомобилен транспорт, като се използва подходящ модел от „Теорията на масовото обслужване“.

МЕТОДИ

Моделът на обслужване обхваща процеса на разтоварване на превозните средства и включва изчакването на „опашката“ за разтоварване и самото разтоварване. Престойте при претегляне на превозните средства, вземането на проби и анализа на качеството не са отчетени в модела. Скоростта на постъпване на превозните средства и скоростта на обслужване (разтоварване) са случайни величини с разпределение на Поасон [1,2,4]. Поради това е използван модел от вида „M/M/c“.

Изходен параметър на модела е интензивността на входящия поток (λ , пр.ср./h), определена чрез зависимостта:

$$\lambda = \frac{ПС_{max}}{\tau}$$

където ПС_{max} (пр.ср./d) е максималния брой превозни средства, които могат да постъпят в рамките на работния ден, а τ (h) е продължителността на работния ден.

Максималният брой превозни средства, които могат да постъпят в рамките на работния ден, ПС_{max} (пр.ср./d) се определят чрез зависимостта:

$$ПС_{max} = \frac{ДП_{max}}{СТ}$$

където ДП_{max} (t/d) е максималното количество зърно, което може да постъпи в рамките на деня, а СТ (t) е средната товароносимост на превозните средства.

Необходимата средна скорост на обслужване (μ) е определена при ограничително условие: общото време за престой на превозните средства (t_{max}) да бъде по-малко или равно на 0,5 и 1 h при две нива на доверие $P=0,95$ и $P=0,999$ за всеки от случаите. Изследвани са варианти с една ($c=1$) и две ($c=2$) обслужващи системи, т.е. авторазтоварища и свързаните към тях технологични линии. Дисциплината на обслужване е последователна по реда на пристигане на превозните средства, т.е. модел от вида: „първи постъпил – първи обслужен“ (FIFO). Всяко превозно средства изсипва веднага след изтегляне на зърното от предходното без пауза между тях.

Ограничителното условие на модела е:

$$\frac{\lambda}{c\mu} < 1$$

Ако това условие не е спазено, опашката ще нараства неограничено и превозните средства няма да могат да бъдат разтоварени в рамките на работния ден.

Производителността на приемните системи ППС (t/h) е изразена чрез количеството приемано зърно на час:

$$ППС = \mu \cdot СТ$$

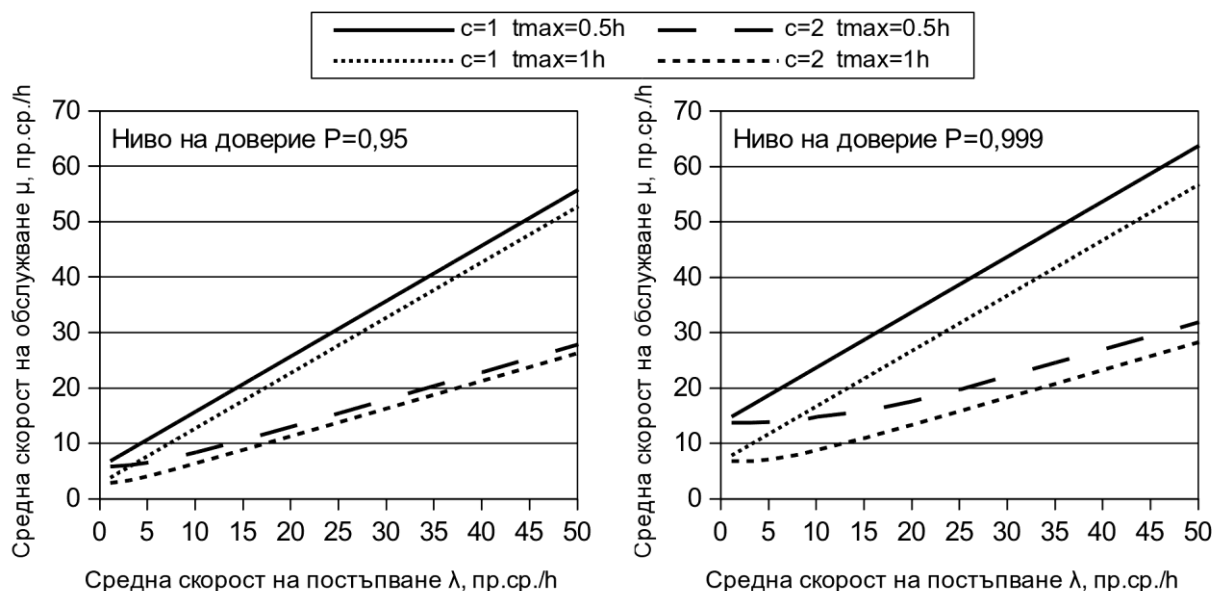
където (μ , пр.ср./h) е средната скорост на обслужване, а СТ (t) е средната товароносимост на превозните средства.

Първоначално са установени зависимости между необходимата скорост на обслужване (μ) и скоростта на постъпване на превозните средства (λ). Чрез тях е определена производителността на приемните системи като интензивността на входящия поток е изразена посредством максималното дневно постъпление на зърно (ДП_{max}) и продължителността на работния ден (τ).

Изчисленията са извършени с on-line калкулатор (www.supositorio.com/rcalc/rcalclite.htm валидно януари 2014 г.), а регресионните уравнения и техните параметри са получени, чрез подходящ статистически софтуер.

РЕЗУЛТАТИ

Зависимостите между необходимата средна скорост на обслужване (μ) и средната скорост на постъпване (λ) е линейна за всички разглеждани случаи (Фиг. 1). Изключения се наблюдават при две авторазтоварища и средни скорости на постъпване под 5 пр.ср./h при $P(t \leq t_{\max}) = 0,95$ и под 10 пр.ср./h при $P(t \leq t_{\max}) = 0,999$. В тези случаи необходимата скорост на обслужване е относително постоянна и не зависи от интензивността на входящия поток.



Фиг. 2. Необходима средна скорост на обслужване (μ) в зависимост от средната скорост на постъпване на превозните средства (λ) при едно ($c=1$) или две ($c=2$) авторазтоварища. Нивата на доверие $P=0,95$ и $P=0,999$ показват вероятността времето за престой в системата да не надхвърля t_{\max} (0,5 и 1 h).

Необходимата скорост на обслужване е по-висока при максимално време за престой 0,5 h спрямо 1 h. Разликата не зависи от интензивността на входящия поток (λ) и е по-голяма при ниво на доверие $P(t \leq t_{\max}) = 0,999$.

Нивото на доверие влияе върху скоростите на обслужване, независимо от максималното време на престой. Скоростите на обслужване при ниво на доверие $P(t \leq t_{\max}) = 0,999$ са по-високи в сравнение с тези при $P(t \leq t_{\max}) = 0,95$. Разликата е 4 пр.ср./h при $t_{\max} \leq 1$ h и 8 пр.ср./h при $t_{\max} \leq 0,5$ h в случая на едно авторазтоварище. При две авторазтоварища разликите са по-малки и са от 2 пр.ср./h при $t_{\max} \leq 1$ h до 6 пр.ср./h при $t_{\max} \leq 0,5$ h. Разликите са постоянни и не зависят от средната скорост на постъпване (λ).

Броят на обслужващите системи оказва съществено влияние върху необходимата скорост на обслужване. Използването на две авторазтоварища облекчава процеса на приемане като разликата е по-съществена при интензивност на входящия поток над 5 пр.ср./h.

За удобство при проектиране, производителността на приемните системи (ППС) е представена като линейна зависимост от средната товароносимост на превозните средства (СТ), максималното дневно постъпление (ДП $_{\max}$) и продължителността на работния ден (τ) (Таблица 1).

Зависимостите при едно авторазтоварище са чисто линейни ($R^2=100\%$) с нулеви грешки и наклон на правите „b“ равен на 1. Подобно е влиянието и на средната товароносимост на транспорта, като коефициентът на пропорция е от 3 до 14 и е по-висок при ниво на доверие $P(t \leq t_{\max}) = 0,999$ и максимално време за престой

0,5 h. Коефициентът на корелация е над 99% при две авторазтоварища, като грешките на модела са най-големи при $t_{max}=0,5$ h. Наклонът на правите „b“ е близък до 0,5. Влиянието на средната товароносимост е по-слабо изразено в сравнение с едно авторазтоварище. Коефициентът „a“ е от 1,5783 до 9,4867.

Таблица 2.

Параметри на регресионни уравнения от вида $ППС=a \cdot CT + b \cdot (ДП_{max}/t)$, описващи зависимостите между производителността на приемните системи ППС (t/h), средната товароносимост на превозните средства CT (t), максималното дневно постъпление $ДП_{max}$ (t/d) и продължителността на работния ден t (h). Зависимостите са валидни за едно ($c=1$) или две ($c=2$) авторазтоварища и време за престой в системата (t) по-малко или равно на t_{max} (h) с нива на доверие (P).

Параметри:	Едно авторазтоварище ($c=1$)				Две авторазтоварища* ($c=2$)			
	$t_{max} \leq 1$ h		$t_{max} \leq 0,5$ h		$t_{max} \leq 1$ h		$t_{max} \leq 0,5$ h	
	$P(t \leq 1h) = 0,95$	$P(t \leq 1h) = 0,999$	$P(t \leq 0,5h) = 0,95$	$P(t \leq 0,5h) = 0,999$	$P(t \leq 1h) = 0,95$	$P(t \leq 1h) = 0,999$	$P(t \leq 0,5h) = 0,95$	$P(t \leq 0,5h) = 0,999$
a=	3	7	6	14	1.5783	3.7125	3.5317	9.4867
b=	1	1	1	1	0.4987	0.4950	0.4892	0.4427
$R^2=$	100%	100%	100%	100%	99.99%	99.99%	99.98%	99.25%
SEE=	0	0	0	0	0.00075	0.03819	0.09239	0.56434
MAE=	0	0	0	0	0.00542	0.02813	0.06537	0.39259

*Зависимостите са валидни за отношение ($ДП_{max}/t$) по-голямо или равно на 10; R^2 – коефициент на детерминация; SEE – средна грешка на оценката; MAE – средна абсолютна грешка.

ДИСКУСИЯ

Установена е линейна зависимост на производителността на приемните системи от средната товароносимост на превозните средства, максималното дневно постъпление и продължителността на работния ден. Отношението на максималното дневно постъпление и продължителността на работния ден ($ДП_{max}/t$) представлява средното часово постъпление на зърно в деня с най-интензивни доставки. Така двата основни параметъра, от които зависи производителността на системите за приемане са средното часово постъпление и средната товароносимост на транспорта. Предлаганите и използвани досега методики за проектиране в България определят производителността на авторазтоварищата в зависимост единствено от средното часово постъпление [9]. Те елиминират влиянието на средната товароносимост на превозните средства. Тя се отчита единствено като праг за определяне на количеството зърно, което може да се разтовари на едно авторазтоварище [7].

Анисимова [6] фиксира производителността на приемните системи и отчита средната товароносимост на превозните средства при определяне броя на авторазтоварищата. Единствено Bouland [2] изчислява производителността на приемните системи, изхождайки от максималния брой превозни средства, постъпващи за час и средната им товароносимост.

Предложените теоретични зависимости могат да се използват като основа при избора и оразмеряването на приемни системи за зърно. Производителността на системите при максимално време на престой 1 h и ниво на доверие $P(t \leq 1h) = 0,95$ могат да се използват в общите случаи, докато максимално време на престой 0,5 h и ниво на доверие $P = 0,999$ са подходящи при особено натоварени зърнохранилища, където престоят над определено време е силно нежелателен. Такива са зърнохранилищата, приемащи зърното директно от полето от повече от един

зърнопроизводител. При тях забавянето на превозните средства може да доведе до значителни загуби в периода на жътва.

Използването на две авторазтоварища облекчава приемните системи и е обосновано при зърнохранилища с голям капацитет, разделящи зърното на партиди, както и в случаите, когато е необходимо използването на технологично оборудване с по-ниска производителност.

Максималната производителност на едно авторазтоварище е ограничена от времето за разтоварване на превозните средства. Приемането на зърното не трябва да става по-бързо от разтоварването му. Машините ще работят с непълен капацитет и в паузата между две превозни средства ще се движат напразно. В тези случаи е целесъобразно използването на две авторазтоварища.

ЗаАКЛЮЧЕНИЕ

Предложен е метод за определяне на необходимата производителност на системите за приемане на зърно, доставяно в зърнохранилищата с автомобилен транспорт като е използвана „Теорията на масовото обслужване“. Установени са зависимости между средната скорост на постъпване и средната скорост на приемане на превозните средства. Производителността на приемните системи е определена като функция от средната товароносимост на превозните средства, максималното дневно постъпление на зърно и продължителността на работния ден.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Berruto R., D.E.Maier, Analyzing The Receiving Operation Of Different Grain Types In A Single–Pit Country Elevator, Trans ASAE, 2001, 44, 631–638

[2] Bouland H.D., Selecting the Best Capacity of Truck Receiving Facilities for Country Grain Elevators, Marketing Res., Rep. No 671, 1964

[3] Bouland H.D., Locating, Designing, and Building Country Grain Elevators, Agric. Inf. Bull. No 310, 1966

[4] Fuller S., M.Paggi, Efficient Interfacing Of The Truck-To-Ship Intermodal Grain Transfer System: Port Of Houston, South J Agric Econ, 1979, 95–100

[5] Paulsen M.R., W.L.Obekirk, Guide to Planning Grain Drying, Handling and Storage Systems, Appl Eng Agric, 2000, 16, 513–525

[6] Анисимова Л.В., Проектирование элеваторов: Учебное пособие, Издательство АлтГТУ, Бернаул, 2004

[7] Иванов Д., Баклинова С., Норми за технологично проектиране на силози и зърнобази, Институт по зърнени храни и фуражна промишленост, Костинброд, 1986

[8] Казаков Г., Технологични линии за обработка на зърнени храни, приемани директно от комбайните. 3. Динамика на постъплението на зърното, Лекция за курса за опресняване и поддържане на знанията по технология на зърносъхранението и зърнопреработването, ВИХВП, Пловдив, 1972, 7–9

[9] Хараламбиев А., Технологично проектиране на зърнопреработващите предприятия, 3-та ред., Земиздат, София, 1990

За контакти:

гл. ас. Николай Димитров Димитров, УХТ - Пловдив, катедра „Технология на зърнените, фуражните, хлебните и сладкарските продукти“, бул. “Марица” 26, 4002 Пловдив, тел.: ++359 32 603 729, e-mail: bussy@mail.bg

Докладът е рецензиран