



Получена: 31.12.2022 г.

Приета: 17.02.2023 г.

МОДЕЛИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЗАПАСИТЕ ОТ СТРОИТЕЛНИ МАТЕРИАЛИ

В. Желязкова¹

Ключови думи: управление на доставките в строителството, управление на строителство, организация на строителството

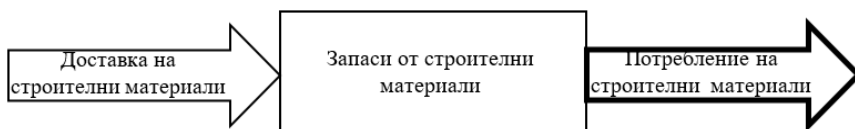
РЕЗЮМЕ

За нормалното протичане и осигуряване на непрекъснатост в производствените процеси в строителството и гарантиране на постигането на целите на инвестиционните строителни проекти е необходимо поддържането на оптимален по размер, структура и качество запас от материално-технически ресурси. Запасите от строителни материали в строителството придобиват все по-голямо значение, предвид относително високия дял на запасите в оборотния капитал на фирмите. Целта на доклада е да се систематизират предимствата на моделите за управление на запасите в строителството, като инструмент за прилагането им в кризисни ситуации.

1. Въведение

Строителството е производствена система, за чието непрекъснато и ефективно функциониране са необходими различни обеми строителни материали, полуфабрикати и изделия. Доставката и потреблението на различните материални ресурси в повечето случаи е неравномерно. За изравняване на неравномерността между доставката (постъпването) на определен ресурс (материал) и неговото потребление (изразходване) се създават запаси от ресурси (фиг. 1).

¹ Веселина Желязкова, гл. ас. д-р инж., кат. „Организация и икономика на строителството“, УАСГ, бул. „Христо Смирненски“ №1, 1046 София, e-mail: veselina2001@abv.bg



Фиг. 1. Обобщена схема за формиране на запаси от строителни материали

В следствие на глобалната здравна криза, породена от обявената от Световната здравна организация пандемия от COVID-19, много вериги за доставки бяха прекъснати. Това доведе до хаос и за производители на строителни материали, и за доставчици, и за строители – производството беше възпрепятствано, защото доставките не се извършваха навреме, а и продължават да се извършват ненавреме, разходите и цените съответно се повишиха. Според световни анализатори [1], проблемите във веригите за доставки ще продължават да се влошават, тъй като снабдяването ще зависи от много неща – работна ръка, контейнери, корабоплаване, пристанища, камиони, железопътни линии, въздушен транспорт, складове и логистични центрове.

С коронавирусната пандемия се подчертаха и някои слабости във веригите за доставки, а именно – прекъсването в една от връзките по веригата дава отражение върху всички останали участници. Тези сътресения в крайна сметка засягат крайните потребители.

Управлението на запасите от строителни материали заема централно място в логистиката и съответно във веригата за доставки в строителството. Разглеждани в процеса на функциониране на строителната производствена система, запасите от строителни материали са тази част от ресурсите, която не участва пряко в процеса на производство или потребление, но е обект на логистични дейности, като транспортиране и съхранение, и свързаните с тях товарене, разтоварване, манипулиране и др.

В този смисъл запасът в строителството представлява определено количество строителен материал, с което се изравнява неравномерността между постъпването на строителни материали в склада и разходването им в процеса на изпълнение на строителните и монтажните работи. Така функцията на запаса в строителството се изразява в обезпечаване на потребностите от строителни материали при изпълнение на строителните и монтажните работи.

Строителството се използва много и по вид, и по количество материали, което го характеризира като материалоемък отрасъл и с висок дял на запасите в оборотния капитал на дружествата. По тази причина запасите от строителни материали имат съществено значение при управление на проектите в строителството. Правилното определяне на запасите от строителни материали в складовото стопанство осигуряват ритмична и постоянна заетост на работниците и механизацията, спазване на договорените срокове и реализирането на печалби от фирмите.

По обем, структура и специфика запасите в строителството трябва да са достатъчни, за да гарантират стабилност и ритмичност на производствения процес, но от друга страна и да са минимални, за да не предизвикат неоправдано замразяване на оборотен капитал. Увеличаването на размера на запасите и създаването на излишни запаси води до реализиране на значителни разходи, свързани с тяхното съхраняване и поддържане. Малкият размер на запаса намалява разходите за съхраняването и поддържането му, но пък се нарушава ритмичността на строителния процес и води до непълно използване на производствените мощности, трудовите ресурси, завишаване на себестойността на строителните и монтажните работи, а оттам и снижаване на икономическата ефективност [2].

Всеки от изложените два крайни случая води до значителни икономически и социални загуби за производствената система. Оттук възниква проблемът за управление на запасите от строителни материали, посредством които се обезпечават нуждите от ресурси за функциониране на производствената система за определен (предварително заложен) период от време.

В условията на кризисна ситуация, каквато е развилата се в следствие на пандемията, е необходимо да се обърне внимание на управлението на доставките и запасите от строителни материали.

2. Разходи, свързани със запасите

За нормалното протичане и осигуряване на непрекъснатост и гарантиране на ефективност в строителния производствен процес, е необходимо поддържането на оптимален по размер и структура запас от строителни материални ресурси.

За да се определи оптималният размер на запаса, от съществено значение е да се отчетат и анализират разходите, свързани с управлението на запасите в строителството.

Основните разходи, свързани със запасите от строителни материали в строителството, включват [3 – 7], но не само:

C_q – разходи за закупуване на доставката;

B – разходи за изпълнение на доставката (поръчката);

D – разходи за поддържане и съхранение на запаса;

E – загуби от дефицит на ресурси.

C_q – разходи за закупуване на доставката

Това са разходите, свързани със закупуване на доставката. Те зависят от единичната цена (Π) на закупувания материал и заявеното количество за доставка (q).

$$C_q = \Pi \cdot q. \quad (1)$$

Трябва да се отбележи, че разходите по закупуване нарастват правопрпорционално с увеличаването на размера на доставката, т.е. те са променлива величина и по тази причина могат да не се отчетат при управлението на запасите в строителството, освен ако не се правят търговски отстъпки заради количеството на доставката, или няма спекулация в цените на строителните материали.

Разходите по закупуване съставляват основната част на капиталовите разходи, свързани със запасите.

B – разходи за изпълнение на доставката (поръчката)

Към тези разходи се отнасят разходите по планирането, осъществяването и контрола на закупуването. Тези разходи са постоянни и не зависят от размера на доставката [6].

D – разходи за поддържане и съхранение на запаса

Разходите за поддържане и съхранение на запаса са материални, финансови, информационни, трудови и др. [4].

В общия случай, тези разходи зависят правопрпорционално от размера на запаса – колкото е по-голям размерът на запаса, толкова са по-големи разходите по поддръжката и съхранението му.

Към тази група разходи се отнасят разходи за:

- поддържане на склада – амортизационни отчисления за машини, оборудване и технически средства в склада, заплата на работещите в склада, разходи за инвентаризация и др.;
- осигуряване на движението на запасите – товаро-разтоварни дейности, транспортиране от зоната на приемане до зоната на съхранение и др.;
- обслужване на запасите – стойност на застраховките, процент за получени кредити, данъци и др.;
- стойността на рисковете, свързани със съхранението на запасите – загуби от презапасяване, загуби в резултат от морално остаряване и обезценяване, разваляне, намаляване на качествата на съхраняваните ресурси, кражби и др.

***E* – загуби от дефицит на ресурси**

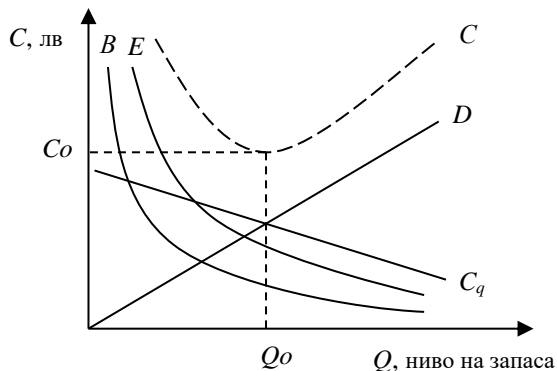
Това са разходи, свързани с бездействие (поради липса на ресурси) на производствени мощности, механизация, работна ръка, които могат да се класифицират като преки. Могат да бъдат и непреки, свързани със загуба на пазарни позиции, поради лошо обслужване, неустойки от неспазване на срока на строителство и др.

Общите разходи, свързани със запасите, се образуват от сумата на горезброените разходи:

$$C = C_q + B + D + E . \quad (2)$$

Управлението на запасите в строителството, а и не само, се стреми към минимизиране на функцията, изразяваща сумарните разходи C в зависимост от количеството (нивото) на съхранявания запас.

Принципната зависимост между сумарните разходи, свързани със запасите и нивото на запаса, е показана на фиг. 2. От фигурата се вижда, че оптималното ниво на запаса Q_0 съответства на минимума на сумарните разходи C_0 .



Фиг. 2. Зависимост между разходите C и нивото на запаса Q [3]

Обобщеният модел за управление на запасите от строителни материали, показан на фиг. 2, на пръв поглед не изглежда особено сложен. В литературата съществуват разнообразни модели от този тип и методи за решаването им, които използват различни математически инструменти и зависимости.

Моделите за управление на запасите и определянето на оптималния размер на запаса се базират на определянето на оптималния размер на поръчката, която осигурява оптимално ниво на запаса, чиято цел е осигуряване на непрекъснатост на производствените дейности в строителството.

3. Модели за определяне на оптималния размер на поръчката

3.1. Базов модел за определяне на оптималния размер на поръчката

Широко известен и прилаган модел за определяне на оптималния размер на поръчката е така наречената Формула за икономичен размер на поръчката (EOQ – Economic Order Quantity Model) или още формула на Уилсън.

$$Q_o = \sqrt{\frac{2 \cdot B \cdot S}{p}}, \quad (3)$$

където B са разходи за изпълнение на поръчката;

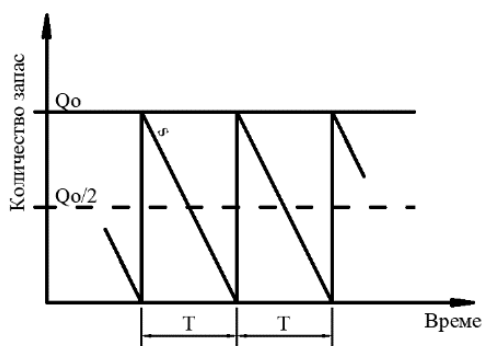
S е необходимото количество ресурс (потребление) за единица време;

p – разходите за съхраняване на единица запас за единица време.

Така създадената формула или базов модел за определяне на оптималния размер на поръчката Q_o може да се използва при определени предпоставки (допускания), някои от които са:

- потреблението е постоянно за единица време;
- разглежда се един вид ресурс (строителен материал);
- попълването на запаса в склада става мигновено;
- не се допуска дефицит в склада;
- средното ниво на запаса в склада е половината от размера на поръчката – $Q_o / 2$;
- интервалът от време между две доставки е постоянен;
- времето за доставка е постоянно;
- разходите за поддържане на запаса се базират на средното ниво на запаса;
- разходите за попълване на запаса са постоянни;
- цената за закупуване на доставката е постоянна;
- не се отчитат транспортни, подготвителни, гаранционни и сезонни запаси.

Графично базовият модел за определяне на оптималния размер на поръчката изглежда така, като е показано на фиг. 3. Най-високо ниво запаса достига в момента на реализиране на доставката, която е с размер Q_o .



Фиг. 3. Изменение на запаса Q във времето [3]

В строителната практика обаче тези допускания са трудно изпълними – в складовете се съхраняват повече от един ресурс, попълването на запаса не може да стане мигновено и т.н. Така през годините този модел е претърпял някои модификации, които съответстват на различни случаи от практиката и чрез които се преодоляват някои от допусканията.

Моделите за определяне на оптималния размер на доставката, с която се поддържа оптимално ниво на запаса, могат да бъдат групирани в зависимост от основните характеристики на запасите или фактори, които им влияят, а именно:

- характер на потребление за запасите;
- начин на попълване на запаса;
- начин на контролиране на нивото на запаса;
- брой на ресурсите за запасяване;
- брой на складовете и капацитет;
- допускане (планиране) или недопускане на дефицит;
- финансови – разходи за поддържане на запаса, разходи за глоби от дефицит, търговски отстъпки, спекулативни цени.

3.2. Модел според характера на потребление на запасите

Характерът на потребление на запасите в строителството може да бъде детерминиран и вероятностен. От своя страна детерминираното потребление може да бъде статично или динамично. Потреблението е статично, когато интензивността му е постоянна, и динамично, когато потреблението е известно, но се променя във времето.

Вероятностното потребление е стационарно тогава, когато вероятностната плътност, с която се задава потреблението, е постоянна във времето, и е нестационарно, когато тази функция се изменя във времето.

В строителната практика случаят на детерминирано статично потребление се среща най-рядко, а най-точно характерът на потреблението може да се опише посредством нестационарна функция на вероятностна плътност и това е най-сложният случай при определяне на оптималния размер на доставката.

3.3. Модел според начина на попълване на запаса

Според начина на попълване на запаса моделите се разделят на такива с:

- мигновено попълване на запаса;
- постепенно попълване на запаса – в много от реалните случаи попълването на запасите не може да стане мигновено. За реализиране на доставката е необходимо време, което обхваща периода от подаване на доставката до момента на реализирането ѝ;
- непълно попълване на нивото на запаса – тогава, когато количеството на доставката е по-малко от заявеното.

3.4. Модел според начина на контролиране на нивото на запаса

В зависимост от начина на контролиране на нивото на запаса моделите се разделят на такива с:

- предварителен контрол;
- периодичен контрол – чрез периодични проверки (инвентаризация) се установява размерът на наличните запаси от строителни материали и се предприемат действия за евентуално подаване на заявка за нова доставка;
- непрекъснат контрол – нивото на запаса се следи непрекъснато, при което се определя моментът от време, в който да се подаде заявката за нова доставка.

3.5. Модел според броя и капацитета на складовете за съхранение на запасите

Друга класификация на моделите за определяне на оптималния размер на поръчката е в зависимост от броя и капацитета на складовете за съхранение на запасите. В строителството броят и размерът на складовете зависи от вида и характера на строежа – сгради, съоръжения, обекти от техническата инфраструктура и т.н., от местоположението на строежа – в урбанизирани или неурбанизирани територии, от големината, площта и формата на строителната площадка, от възможностите за организиране на складово стопанство, от възможностите за обслужването му и др.

3.6. Модел според броя на ресурсите за запасяване

Според броя на ресурсите, моделите за определяне на оптималния размер на поръчката могат да бъдат еднопродуктови и многопродуктови.

Строителното производство използва голямо разнообразие от строителни материали, което налага в складовете да се съхраняват запаси от различен вид ресурси. В случай, че те не си пречат (т.е. не изискват различни условия за съхранение), тогава запасите от всеки вид ресурс могат да се оптимизират поотделно и съответно за всеки ресурс да се определи оптимален размер на поръчката. Възможно е обаче в складовете да се съхраняват запаси, изискващи различни условия на съхранение и това би следвало да се отчете при определяне на сумарните разходи за оптималния размер на запаса и съответно за сумарната стойност на оптималния размер на поръчката.

3.7. Допускане (планиране) или недопускане на дефицит

В строителството, като производствен процес, не се допуска наличието на дефицит от каквито и да е ресурси. Дефицитът от ресурси води до нарушения в ритъма на строителните процеси, оттам до нарушения в сроковете, води и до увеличаване на разходите, както преки от бездействие на производствени мощности, механизация и работна ръка, така и непреки, свързани с пропуснати ползи, загуба на пазарни позиции и перспективи.

Съществуват обаче и модели за определяне на оптималния размер на поръчката, при които се планира дефицит. При тях се отчитат разходите, свързани с покриване на глоби, пропуснати ползи и др.

3.8. Финансови – търговски отстъпки, спекулативни цени, загуби от замразяване на капитал

3.8.1. Модел с отчитане на търговски отстъпки

В условията на пазарна икономика и при договаряне на финансовата част на договорите за доставки в строителството има възможност за отстъпки при закупуване на големи партии от ресурси, т.е. възможно е цената на строителните материали да зависи от размера на поръчаната партида. Като правило, колкото по-голям е обемът на покупките, толкова по-ниска е цената на единица ресурс – за да увеличи обемът на продажбите, много доставчици предлагат търговски отстъпки.

Отстъпките могат да бъдат разгледани по два начина [7]. При първия се определя отстъпка за всяка единица от закупената стока в зависимост от общия обем на поръчката (т.нар. отстъпки на едро или „интегрални“ отстъпки). Във втория случай се дава „диференциална“ отстъпка за всяка допълнителна закупена единица над някакъв предварително зададен праг.

От друга страна, по-ниската покупна цена компенсира повишените разходи за съхранение на по-голямото количество запас. Следователно, за да се изчисли оптималният размер на поръчката, разходите за закупуване на стоките трябва да бъдат включени в сумарните разходи, свързани със запасите.

При моделите с отчитане на търговски отстъпки е възможно да се подходи по два начина [4]:

- цената на закупуване на ресурсите да не влияе на разходите за съхранение на запасите;
- цената на закупуване на ресурсите да влияе на разходите за съхранение на запасите.

3.8.2. Модел с отчитане на загуби от замразяване на капитал

Увеличаването на размера на запаса би довело до увеличаване на разходите по съхранението му, но и до изваждане от обръщаемост на значителни финансови средства (блокиране на капитал), които в друг случай биха довели до печалба. В случая към сумарните разходи, свързани със запасите, се включват и разходите, свързани със замразения капитал.

3.8.3. Модел с отчитане на спекулативни цени [4]

Много често цените на ресурсите се променят, като са възможни различни ситуации – за кратък интервал от време цените да станат по-ниски, или да се очаква повишение на цените в следващи периоди и т.н.

В случай че промяната в цената е временна, няма нужда от промени по отношение на възлагането на поръчките. Необходимо е да се провери дали еднократно изменение в размера на поръчката би довело до намаляване на разходите, свързани със запасите, и какъв да бъде оптималният размер на това еднократно изменение, наложено от спекулативния характер.

В случай че е необходима промяна заради трайно повишение в цените, то промяната е необходимо да бъде надолу, тъй като разходите по съхранение на запасите намаляват. Оптималният размер на поръчката, при спекулативна промяна на цената, е необходимо да се съобрази с:

- допълнително възникващи разходи за съхранение на запасите;
- съкращаване на разходи за изпълнение на поръчката;
- съкращаване на разходи за закупуване на ресурсите.

Съкращаване на разходи чрез спекулативна величина има освен това и по линия на намаляване на разходите (загубите), поради дефицит – еднократното увеличаване на величината на поръчката намалява честотата на поръчване, с което се намалява вероятността от дефицит при равни други условия.

Определянето на оптималната спекулативна величина на поръчката има за цел да минимизира общите разходи, свързани с управлението на запасите.

4. Модели за управление на запасите

При всяка задача, която третира управлението на запасите от строителни материали, се търси да се определи:

- какво да бъде количеството на заявления за доставка ресурс, което за краткост ще наричаме размер на доставката или само доставка;
- в кой момент от време да се дава поръчката за нова доставка на ресурса.

Размерът на доставката представлява количеството материали, което е необходимо да се доставя при всяка поръчка и се определя чрез оптимизационни процедури. В зависимост от разглеждания случай размерът на доставката може да бъде постоянен или се изменя във времето.

Когато в системата е предвиден непрекъснат контрол за състоянието на запаса, то моментът от време, в който се дава поръчката, се определя от нивото на запаса, при което е необходима нова заявка. Когато в системата за управление на запасите се предвижда периодичен контрол на нивото на запасите през равни интервали от време, моментът на подаване на доставката съвпада с началото на всеки интервал от време [3].

Така са се оформили два основни модела за управление на запасите, а именно:

- модел за управление на запасите, с фиксиран размер на поръчката;
- модел за управление на запасите, с фиксиран интервал от време между две поръчки.

4.1. Модел за управление на запасите с фиксиран размер на поръчката

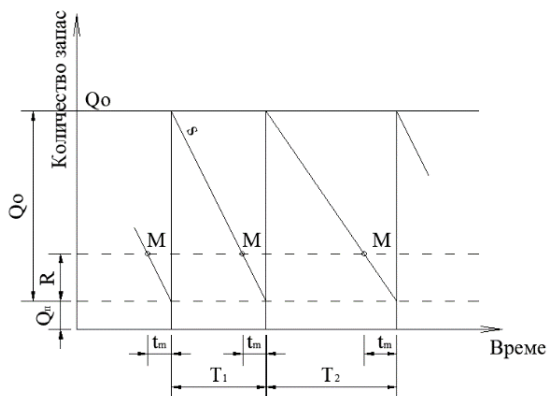
При модела за управление на запасите с фиксиран размер на поръчката се задава предварително прагово равнище на запаса, при достигането на който се прави поръчка с обем, равен на оптималния размер на поръчката за подновяване на количеството на запаса.

Като изходни данни при този модел се използват [4]:

- необходимото количество запас;
- оптималният размер на поръчката Q_0 ;
- времето за изпълнение на поръчката;
- евентуални възможности за задържане (неспазване на срока) на доставката.

Параметри, които трябва да се отчетат, са:

- Максималният желан запас – той няма непосредствено въздействие върху желания размер на запаса. Това ниво на запаса се използва за определяне на натоварването на складовите площи от гледна точка на минимизиране на съвкупните разходи.
- Прагово равнище на запаса R (точката на повторно поръчване) – представлява нивото на запаса, при достигането на което се прави поредната поръчка. Величината на точката на поръчване трябва така да бъде определена, че постъпването на доставката в склада да става в момента, в който текущият запас се снижава до нивото на гаранционния запас.
- Гаранционен (резервен) запас Q_n – трябва да позволява да се удовлетворят потребностите от запас, за времето на предполагаемо задържане на доставките. Размерът на Q_n се определя така, че вероятността P за изчерпване на строителният материал в склада, през периода t_m , да не надвишава някаква предварително зададена величина.



Фиг. 4. Изменение на запаса при фиксиран размер на поръчката Q_0 и гаранционен Q_n

Моделът с фиксиран размер на поръчката се използва при системи с непрекъснат контрол на нивото на запаса, при който се определя именно прагавото равнище на запаса, с цел да се установи точно моментът t_m .

Таблица 1. Модели за управление на запасите от строителни материали в строителството

Разчетни параметри	С ФИКСИРАН РАЗМЕР НА ПОРЪЧКАТА		С ФИКСИРАН ИНТЕРВАЛ ОТ ВРЕМЕ МЕЖДУ ПОРЪЧКИТЕ	
	СИГУРНОСТ В ДОСТАВКИТЕ	НЕСИГУРНОСТ В ДОСТАВКИТЕ	СИГУРНОСТ В ДОСТАВКИТЕ	НЕСИГУРНОСТ В ДОСТАВКИТЕ
Максимален запас	Използва се основно за оразмеряване на складовите площи	Необходимо е да задоволява потребностите от строителни материали, в случай на: проблеми с транспорта, невъзможност за обработка на товарите, прекъсване на производството и др.	Използва се основно за оразмеряване на складовите площи	Необходимо е да задоволява потребностите от строителни материали, в случай на: проблеми с транспорта, невъзможност за обработка на товарите, прекъсване на производство и др.
Прагово равнище на запаса	Използва се за определяне на момента t_m за подаване на нова поръчка	Необходимост от преместване на момента t_m по-рано във времето	X	X
Гаранционен запас	Използва се за задоволяване на потребностите в случай на евентуално забавяне на доставката	Използва се за задоволяване на потребностите в случай на евентуално забавяне на доставката	Използва се за задоволяване на потребностите в случай на евентуално забавяне на доставката в предварително фиксиран интервал от време	Увеличаване на размера на гаранционния запас, а оттам и разходите за съхранение/поддържане на запасите, поради вероятността от неизпълнение на доставката в предварително фиксиран интервал от време

5. Заключение

Управлението на запасите от строителни материали е ключов проблем.

Необходимо е запасите от строителни материали да се поддържат в такъв обем, който, независимо от особеностите на реализирането, на попълването и изразходването на ресурсите, винаги да бъде достатъчен, за да обслужва строителното производство.

Както беше споменато по-горе на запасът се формира под въздействието на входящи и изходящи материални потоци. Когато не може пряко да се влияе на характеристиките на потребностите от запаси, се използва възможността да се влияе на характеристиките на доставките – размер на доставките и момент за подаване на нова заявка.

В условията на кризисни ситуации, каквато беше породена вследствие на пандемията от COVID-19, по кой модел за управление на запасите и за определяне на оптималния размер на поръчката да се работи, зависи от конкретния случай, от изградените партньорски взаимоотношения между потребител и доставчик, от системите

за контрол на нивото на запасите. Систематизирането на разчетните параметри за двата модела на управление на запасите от материали в строителството могат да послужат като инструмент за използването им в други кризисни обстоятелства и да се търси възможност за подобряване на параметрите от гледна точка на забавянията на доставките и нарушения в производствените процеси в строителството.

Благодарности

Настоящият материал е подкрепен финансово от Центъра за научни изследвания и проектиране при УАСГ съгласно договор БН-262/22.

ЛИТЕРАТУРА

1. Supply chain chaos is hitting global growth and could get worse (cnbc.com).
2. *Genov, G., Raichev, T.* Logistics in construction. Ed. "Science and Economics" 2008, ISBN 978-954-21-0373-8.
3. *Sakarev, I.* Organization and management in construction, UACEG – ECC – Publishing Center, Sofia, 1997.
4. *Koraliev, Ya.* Supply chain management. Publishing complex – UNWE, Sofia, 2013, ISBN 978-954-644-454-7.
5. *Novakova, G.* Modern supply chain management. Teaching aid, FMI – SU, 2014.
6. *Hristov, A.* Mathematical methods in logistics Part I. [MML1.pdf \(fmi-plovdiv.org\)](#).
7. *Tyukhtina, A.* Inventory management models. Study Guide, Nizhny Novgorod, 2017.

MODELS FOR CONSTRUCTION MATERIALS INVENTORY MANAGEMENT

V. Zhelyazkova¹

Keywords: *construction supply management, construction management, construction organization*

ABSTRACT

For the normal course and continuity in production processes in construction and to ensure the achievement of the objectives of investment construction projects, it is necessary to maintain an optimal size, structure and quality stock of material and technical resources. Inventories of construction materials in construction are becoming increasingly important, given the relatively high share of inventories in the working capital of companies. The aim of this paper is to systematize the advantages of inventory management models in construction as a tool for their application in crisis.

¹ Veselina Zhelyazkova, Chief Assist. Prof. Dr. Eng., Dept. "Construction Management and Economics", UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail: veselina2001@abv.bg