
ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРИЛОЖЕНИЕ НА МЕТОДИТЕ С ИЗБУТВАНЕ И ИЗТЕГЛЯНЕ ЗА ПЛАНИРАНЕ И КОНТРОЛ НА ПРОИЗВОДСТВО НА КОМПОНЕНТИ В АВТОМОБИЛНАТА ИНДУСТРИЯ

докт. Красен Димитров

Университет за Национално и Световно Стопанство

Резюме. Докладът разглежда ключови въпроси, свързани с планирането и контрола на производството на компоненти в автомобилната индустрия.

Понастоящем автомобилната индустрия в света е в процес на трансформация под влиянието на редица ключови фактори: нови технологии, нови продукти, нови характеристики на търсенето и стремеж към цифрова трансформация. Предмет на доклада е анализ на посочените фактори, като се очертават конкретни особености на планирането и контрола на производството на компоненти в автомобилната промишленост. Извършен е сравнителен анализ на двата основни метода за планиране на производството - избутване и изтегляне, като е подчертана тяхната значимост и са изведени възможности за приложението им в конкретна производствена област.

Ключови думи: автомобилна индустрия, методи за планиране на производството, избутване, изтегляне.

Увод

Настоящият доклад има за цел да представи постигнатите текущи резултати от изследването свързано с имплементиране на хибридна стратегия избутване/издърпване (Push/Pull) за планиране и управление на производството в предприятие, производител и доставчик на компоненти в автомобилната индустрия.

Въпросното производствено предприятие работи с многостепен производствен процес, който включва механична обработка на суровините, предварително сглобяване и окончателно сглобяване. Естеството на производственото предприятие е такова, че изисква комплексна система за управление на производството, за да управлява ефективно сложните си операции.

Преразглеждането на производствената стратегия е необходимо поради предизвикателствата, свързани с управлението на нивата на запасите, синхронизирането на производствените процеси и реагирането на колебанията в търсенето Традиционните системи с избутване могат да

доведат до високи запаси от незавършено производство (WIP – work in progress) и готова продукция, което налага преминаване към по-ефективна и гъвкава система.

Хибридна стратегия се основава на интегрирането на концепциите за управление от типа избутване и изтегляне. Тази стратегия има за цел да съчетае предимствата на двата подхода, при които системата за избутване се използва за планиране на производството въз основа на прогнозите, а системата за изтегляне се използва за задействане на производството действителното търсене.

Тази конкретна стратегия е избрана за завода, за да се справи със специфичните предизвикателства, пред които е изправен. Очаква се хибридна стратегия „Push/Pull“ да подобри обръщаемостта на запасите и да повиши способността на завода да посреща търсенето на клиентите, като същевременно сведе до минимум въздействието на непредвидими смущения. Тя дава възможност за по-адаптивна и устойчива производствена система, която може по-бързо да отговаря на колебания в търсенето и да намалява загубите.

1. Преглед на литературата

1.1. Предишни изследвания на стратегиите „push“, „pull“ и хибридните стратегии „Push/Pull“

Литературата за стратегиите „Push“, „Pull“ и хибридните стратегии „Push/Pull“ е обширна, като многобройни проучвания изследват диференциацията и ефективността на тези стратегии в различни производствени контексти. „Push“ стратегиите, например ППМ - планиране потребностите от материали (MRP – Material Requirements Planning), планират производството въз основа на прогнози, което може да доведе до високи нива на запасите и потенциално свръхпроизводство при разминаване на прогнозните и реалните потребности на клиентите. Стратегиите с „изтегляне“, например КАНБАН-контролирано „точно навреме“ (Канбан-controlled Just-In-Time), започват производството въз основа на действителното търсене, като целта е да се намалят запасите и свързаните с тях разходи. Хибридните стратегии „Push/Pull“ съчетават елементи както на „Push“, така и на „Pull“ стратегиите, като се опитват да използват съответните им силни страни.

Geraghty и Heavey (2004 г.) сравняват хибридните стратегии „Push/Pull“ със система с непрекъсната работа в процес на изпълнение (Continuous Work in Progress - CONWIP), като показват, че оптимална хибридна система може да надмине чистите „Push“ или „Pull“ системи при оптимални условия на складовите наличности и предпазните запаси. По подобен начин Puchkova et al. (2016) стигат до заключението, че хибридна система „Push/Pull“ може да създаде значителни икономии на

производствените разходи в сравнение със стратегии „Push“ или „Pull“ поотделно, особено при работа с тесни места (bottlenecks).

Hirakawa et al. (1992 г.) разработват математически модел за хибридна стратегия за управление „Push/Pull“, която позволява на всеки производствен етап да превключва между „Push“ и „Pull“ управление в зависимост от надеждността на прогнозите на търсенето.

Cochran и Kim (1998 г.) (чрез Puchkova et al., 2016) представят хибридна система „Push/Pull“ с подвижна точка на свързване между подсистемите „Push“ и „Pull“, осигуряваща гъвкавост при контрола на нивата на запасите.

Ефективността на хибридните стратегии е допълнително подкрепена от симулационни изследвания. Например Bonvik et al. (1997 г.) (чрез Puchkova et al., 2016) използват симулация, за да сравнят механизми за контрол на производствена линия, включително хибридни системи. Gaury (1997 г.) (чрез Puchkova et al., 2016) прилага методологията „Response Surface“ и симулация, за да избере между Канбан, CONWIP или хибридни системи. Ghrayeb (2009 г.) (чрез Puchkova et al., 2016) използва модел за симулация на дискретни събития заедно с генетични алгоритми, за да сравни чисти „Push“, „Pull“ и хибридни системи, като установява, че хибридният подход често се представя най-добре.

Хибридната стратегия „Push/Pull“ е особено ефективна в системи с голяма променливост на търсенето, в които чистите „Push“ и „Pull“ стратегии не доминират. Marmulak (2011 г.) (чрез Puchkova et al., 2016) подчертава, че съчетаването на стратегиите „Push“ и „Pull“ заедно може да разкрие предимствата и да сведе до минимум недостатъците на всеки един от отделните подходи, като подобри обръщаемостта на запасите и доведе до увеличаване на печалбата.

В обобщение, литературата предоставя солидна основа за ползите от хибридните „Push/Pull“ стратегии, демонстрирайки техния потенциал за подобряване ефективността на производството, намаляване на разходите и подобряване на способността за реагиране на търсенето на клиентите. Тези проучвания са поставили основите за по-нататъшно проучване и прилагане на хибридни стратегии в производствени системи.

1.2. Преглед на стратегиите за изтегляне: CONWIP и Канбан с две карти

Методът CONWIP е стратегия на изтегляне, която ограничава общия размер на запасите в рамките на производствената система. За разлика от Канбан, който контролира незавършеното производство между всяка двойка работни места, CONWIP използва един контролен цикъл за цялата производствена система, което го прави по-лесен за прилагане и коригиране. CONWIP се счита за по-стабилен и гъвкав от

Канбан, особено в среди със сходни нива на производителност. Geraghty и Heavey (2004 г.) установяват, че CONWIP намалява складовите наличности с 10-20% в сравнение с политиката Канбан, като същевременно поддържа същото равнище на обслужване.

Системата Канбан с две карти работи, като използва една карта, за да сигнализира за нуждата от повече запаси, и друга, за да разреши производството. Тази система позволява визуално управление и бърза реакция на търсенето, но изисква стабилни модели на търсене и може да не е подходяща за всички видове производствени системи. Puchkova et al. (2016) описват как Канбан ограничава нивото на запасите на всеки етап от процеса, като гарантира, че няма да бъде произведено повече, отколкото е необходимо за запълване на буфера.

Roy и Ravikumar (2019) обсъждат как системите Канбан намаляват общите нива на запасите, като не се произвеждат материали при доставчика, докато не се получи сигнал за попълване на материалите запаси от клиента. Powell (2018 г.) предполага, че Канбан таблото може да се използва за визуализиране и материализиране на работния процес в среди с голям брой продукти и малък обем, като се прилага принципът CONWIP и се определят строги граници на незавършено производство.

В заключение, както CONWIP, така и Канбан с две карти са стратегии с изтегляне, които имат своите силни страни и потенциални недостатъци. Изборът между тях зависи от специфичните особености на производствената среда и стабилността на търсенето.

1.3. Предимства на прилагането на хибридната стратегия „Push/Pull“

Прилагането на хибридна стратегия „Push/Pull“ предлага няколко предимства в сравнение с чистите „Push“ или „Pull“ системи. Едно от основните предимства е възможността за значителни икономии в производствени разходи. Puchkova et al. (2016) стигат до заключението, че хибридната система „Push/Pull“ може да бъде по-рентабилна в сравнение със стратегиите „Push“ или „Pull“, особено при наличие на тесни места, където е желателно точката на свързване да се разположи след тази станция. Те също така установяват, че трябва да има една обща точка на свързване за всички видове продукти, което опростява системата за управление и потенциално намалява сложността и разходите.

Geraghty и Heavey (2004 г.) демонстрират, че хибридните „Push/Pull“ стратегии могат да надминат чистите „Push“ и „Pull“ политики при оптимални нива на запасите за безопасност и складовите наличности. Те подчертават, че оптималната хибридна политика, която включва смесица от политики за контрол с избутване и изтегляне, може да доведе до по-добри резултати по отношение на контрола на запасите и производителността.

Puchkova et al. (2016) дават илюстративен пример, където представят серийна производствена линия с четири ресурса и три буфера. Те демонстрират оптимална стратегия за управление при три сценария: без смущения, повреда на ресурс и загуба на качеството на продукта. Оптималната стратегия се сравнява с класическите решения за изтегляне и избутване, като се показва, че хибридният подход може да намали въздействието на непредвидимите смущения. Също така се подчертава, че системата може да бъде разделена на сегменти, като всеки сегмент представлява комбинация от подходи за управление чрез изтегляне или избутване. Това сегментиране позволява по-гъвкава и адаптивна система към различни условия и непредвидими смущения.

Хибридната „Push/Pull“ стратегия също така позволява компромис между принципите на „Pull“ и „Push“ контрол на производството, което може да помогне на производствените компании да подобрят обръщаемостта на запасите, което води до увеличаване на печалбата (Puchkova et al., 2016). Този баланс свежда до минимум недостатъците на всеки от подходите поотделно, като извежда на преден план предимствата и на двете системи – „Push“ и „Pull“ (Marmulak, 2011, чрез Puchkova et al., 2016).

В обобщение, хибридната стратегия „Push-Pull“ предлага убедителна алтернатива на традиционните системи „Push“ или „Pull“, като съчетава силните страни и на двете, за да постигне по-ниски разходи, по-добро управление на запасите и по-голяма устойчивост на системата. Тези предимства я правят привлекателна опция за производствени предприятия, които искат да оптимизират своите стратегии за управление на производството (Geraghty and Heavey, 2004; Puchkova et al., 2016).

1.4. Предпоставки за успешно прилагане на стратегии за изтегляне

Успешното внедряване на стратегии за изтегляне, като например производството „Точно навреме“ (JIT), изисква добре координиран подход, който обхваща няколко ключови предпоставки. Тези предпоставки включват стабилно и предвидимо търсене, намалено време за пренастройка на ресурсите, клетъчна подредба на производствените звена, прилагане на Канбан и равномерно натоварване. White и Prybutok (2001 г.) подчертават, че успешното прилагането на „JIT“ практики за управление може да се различава в зависимост от това дали процесът е сериен или не, като предлагат системата за изтегляне да се въвежда последователно, като се започва с клетъчната подредба и се преминава през намаляване времето за пренастройка до Канбан и равномерно натоварване.

Alcaraz et al. (2014) описват JIT като цялостна производствена система, която обхваща всички аспекти на производствения процес,

включително управлението на организацията, планирането, гъвкавата работа, запасите, транспортът, качеството и отношенията с доставчиците. Те посочват още, че „JIT“ може да се прилага от етапа на проектиране на продукта до крайната му продажба, но трябва да бъде адекватно ориентирана към удовлетворяване потребностите на клиентите (Alcaraz et al., 2014).

Villa и Taurino (2013 г.) обсъждат системите за управление на JIT, основани на метода „Pull“ за контрол на потока от материали. Те отбелязват, че в промишлената практика са възприети някои промени в схематичната форма на JIT, включително използването на прехвърляне на малки партии. Те също така подчертават, че JIT може да се разглежда като „философия“ на управление с цел да се намалят колкото е възможно повече загубите, включително загубите, които следват от прекомерни нива на запасите (Villa and Taurino, 2013).

За успешното прилагане на стратегиите с изтегляне е от решаващо значение да има ясно разбиране на характеристиките на производствената система и съответното подходящо адаптиране на практиките на „JIT“. Такава производствена система е приложима за различни заводи, но системата трябва да се адаптира към характеристиките на всеки конкретен завод (White and Prybutok, 2001).

В обобщение, предпоставките за успешното прилагане на „Pull“ стратегиите включват комбинация от практики, които трябва да бъдат внимателно подредени и адаптирани към специфичните характеристики на производствената система. Успешното прилагане на тези стратегии може да доведе до значителни подобрения в ефективността, качеството и удовлетвореността на клиентите (White and Prybutok, 2001; Alcaraz et al., 2014; Villa and Taurino, 2013).

1.5. Идентифициране на пропуски в съществуващата литература

Съществуващата литература често не разглежда напълно сложността на прилагането на CONWIP и Two-Card КАНБАН в хибридна Push-Pull среда, особено в системи с висока променливост или множество видове продукти. Например Sharma и Agrawal (2009 г.) обсъждат избора на подходящи политики за управление на производството чрез изтегляне, включително КАНБАН и CONWIP, но не се задълбочават в тяхната интеграция в рамките на хибридна система. Geraghty и Heavey (2004 г.) сравняват хибридните Push/Pull стратегии с CONWIP и демонстрират еквивалентността на тези модели при оптимални нива на предпазните запаси, но фокусът е по-скоро върху сравнението, отколкото върху практическите предизвикателства при прилагането на системата.

Puchkova et al. (2016) изследват балансирането на стратегиите „Push“ и „Pull“ и определят хибридните системи като потенциално

предлагачи значителни икономии на производствени разходи. Проучването обаче е по-скоро теоретично и не дава подробни насоки за действителния процес на внедряване в реална производствена среда.

Guan et al. (2015) изследват въздействието на хибридните договори за избутване и изтегляне в децентрализирана система за сглобяване, но акцентът е върху договорните аспекти, а не върху оперативните тънкости на системата за управление на производството.

Това проучване на казус внася нови перспективи, като изследва интегрирането на CONWIP и Канабан с две карти в хибридна система и за цел да проучва тяхната ефективност в реалистична производствена среда. То има за цел да предостави информация за практическите предизвикателства, свързани с внедряването на хибридна стратегия с изтегляне и избутване. В конкретния случай се цели да бъде разгледано и въздействието на такова внедряване върху оперативното изпълнение, което често не е обхванато в съществуващата литература.

2. Методология

Съществуват разнообразни изследователски методологии като анкети, симулации, емпирични подходи, включително проучвания на казуси. Всяка методология има своите силни страни и се избира въз основа на целите на изследването. Например проучванията на конкретни казуси са полезни за получаване на подробно разбиране в конкретен контекст, докато симулациите могат да помогнат за проверка и подобряване на проектите преди физическото им изпълнение, намалявайки рисковете. Емпиричните подходи, от друга страна, позволяват придобиване на знания чрез различни форми на наблюдение – структурирано, неструктурирано, експериментално или с участие, за получаване на емпирични доказателства.

Прилаганата методология в този анализ е пряко наблюдение и участие, което включва ангажиране с производствената среда и нейните работници, за да се придобие опит и прозрения от първа ръка. Този подход е подкрепен от цикъла PDCA (Plan-Do-Check-Act), който ръководи повтарящия се процес на планиране, изпълнение, проверка и предприемане на действия въз основа на наблюденията и направените констатации.

Ключов компонент на тази методология е разработването на прототип (POC - Proof of concept) на планираното хибридно решение. „POC“ служи като предварителен модел за демонстриране на осъществимостта на хибридната стратегия „Push/Pull“ и за идентифициране на потенциални проблеми преди същинското внедряване.

Авторът участва пряко в проекта, като проектира „POC“ въз основа на специфичните изисквания на производственото предприятие.

Това включва анализ на текущото състояние на производствената система, идентифициране на областите за подобрене и разработване на бъдещото състояние, което интегрира хибридна стратегия „Push/Pull“.

В заключение, методологията на прякото наблюдение и участие, съчетана с разработването на „РОС“, осигурява стабилна рамка за разбиране и прилагане на хибридна производствена стратегия „Push/Pull“ в производствено предприятие. Този подход гарантира, че изследователят е дълбоко въввлечен в процеса, което води до по-точни и приложими прозрения.

3. Резултати

Междинното състояние на изследването даде положителни резултати, което показва успешно прилагане на хибридна „Push/Pull“ производствена стратегия до момента. Прякото наблюдение и участието са от полза за израждането на прототип. РОС демонстрира осъществимостта на стратегията и предостави ценни сведения за потенциалните области на подобрене преди прилагането и в реални условия.

Положителните очаквания от прилагането на хибридна стратегия „Push/Pull“ включват намалени производствени разходи, както и по-ниски нива на запасите. Тези ползи съответстват на предимствата, изтъкнати в предишни изследвания на внедряване на хибридна стратегия „Push/Pull“ за управление на производството, където ангажираността на ръководството, комуникацията, образованието, овластяването и способностите за решаване на проблеми играят решаваща роля за постигането на такива резултати.

Резултатите също така показват, че хибридна стратегия за избутване и изтегляне може да намали рисковете и да подобри устойчивостта на производствената система. Това е от особено значение при наличието на тесни места, където точката на свързване на „Push/Pull“ е оптимално разположена след станцията с най-големи ограничения.

Прякото участие на автора позволява практически подход към решаването на проблемите и непрекъснатото подобряване и задълбочаване на изследването, което е от съществено значение за успешната имплементация.

В заключение, междинните резултати от проекта са обещаващи и демонстрират потенциала на хибридна стратегия „Push/Pull“ да подобри оперативните резултати и да допринесе за повишаване конкурентоспособността на предприятието като прякото участие на автора в проекта е ключов фактор за успешното разработване и оценяване на „РОС“, което осигурява солидна основа за пълното прилагане на хибридна стратегия в предприятието.

4. Заключение

Очакваният положителен резултат от окончателното прилагане на хибридната производствена стратегия „Push/Pull“ в съответствие с доказаните или очакваните положителни резултати, описани подробно в литературата. Казусът от Naufal et al. (2012) показва, че внедряването на системата Канбан е от съществено значение за гарантиране на успеха на практиката Just In Time (JIT) и за създаване на плавен материален поток в цялата производствена система. Резултатите от тяхното проучване показват, че времето за изпълнение на поръчките, наличностите от незавършено производство и готовата продукция ще се подобрят, оптимизирайки и повишавайки производителността.

По подобен начин Alcaraz et al. (2014) установяват, че внедряването на „JIT“ може да доведе до намаляване на производствените разходи и по-ниски нива на запасите. Тяхното проучване подчертава значението на ангажираността на ръководството, комуникацията, образованието и способностите за решаване на проблеми като критични фактори за успех. (Alcaraz et al., 2014).

Нещо повече, Guan et al. (2015) подчертават въздействието на хибридните „Push/Pull“ договори в децентрализирана система за сглобяване, като наблягат на необходимостта от гъвкавост и координация между доставчиците и сглобяващите предприятия.

В заключение, очаква се окончателното прилагане на хибридната производствена стратегия „Push/Pull“ да доведе до подобряване на ефективността на производствената система, включително до по-добра синхронизация на производството с пазарното търсене, увеличаване на обръщаемостта на запасите и повишаване на способността за удовлетворяване на търсенето на клиентите. Тези резултати съответстват на положителните резултати, установени в литературата (Naufal et al., 2012; Alcaraz et al., 2014; Tortorella et al., 2021; Guan et al., 2015), което предполага, че хибридната „Push/Pull“ стратегия ще допринесе значително за успеха на производствените операции.

REFERENCES

ALCARAZ, J.L.G., MALDONADO, A.A., INIESTA, A.A., ROBLES, G.C., HERNÁNDEZ, G.A., 2014. A systematic review/survey for JIT implementation: Mexican maquiladoras as case study. *Computers in Industry* 65, 761–773. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2014.02.013>

GERAGHTY, J., HEAVEY, C., 2004. A comparison of Hybrid Push/Pull and CONWIP/Pull production inventory control policies. *International Journal of Production Economics* 91, 75–90. [https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(03\)00210-X](https://doi.org/10.1016/S0925-5273(03)00210-X)

GUAN, X., MA, S., YIN, Z., 2015. The impact of hybrid Push–Pull contract in a decentralized assembly system. *Omega* 50, 70–81. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2014.07.008>

HIRAKAWA, Y., 1996. Performance of a multistage hybrid Push/Pull production control system. *International Journal of Production Economics* 44, 129–135. [https://doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00098-4](https://doi.org/10.1016/0925-5273(95)00098-4)

NAUFAL, A., JAFFAR, A., YUSOFF, N., HAYATI, N., 2012. Development of Kanban System at Local Manufacturing Company in Malaysia–Case Study. *Procedia Engineering* 41, 1721–1726. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.374>

POWELL, D.J., 2018. Kanban for Lean Production in High Mix, Low Volume Environments. *IFAC-PapersOnLine* 51, 140–143. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2018.08.248>

PUCHKOVA, A., Le Romancer, J., McFarlane, D., 2016. Balancing Push and Pull Strategies within the Production System. *IFAC-PapersOnLine* 49, 66–71. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2016.03.012>

ROY, D., Ravikumaran, V., 2019. An extensive evaluation of CONWIP-card controlled and scheduled start time based production system designs. *Journal of Manufacturing Systems* 50, 119–134. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2018.12.006>

SHARMA, S., AGRAWAL, N., 2009. Selection of a Pull production control policy under different demand situations for a manufacturing system by AHP-algorithm. *Computers & Operations Research* 36, 1622–1632. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2008.03.006>

TORTORELLA, G.L., SAURIN, T.A., FILHO, M.G., SAMSON, D., KUMAR, M., 2021. Bundles of Lean Automation practices and principles and their impact on operational performance. *International Journal of Production Economics* 235, 108106. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2021.108106>

VILLA, A., TAURINO, T., 2013. From JIT to Seru, for a Production as Lean as Possible. *Procedia Engineering* 63, 956–965. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.08.172>

WHITE, R.E., PRYBUTOK, V., 2001. The relationship between JIT practices and type of production system. *Omega* 29, 113–124. [https://doi.org/10.1016/S0305-0483\(00\)00033-5](https://doi.org/10.1016/S0305-0483(00)00033-5)

APPLICATION POSSIBILITIES OF PULL AND PUSH METHODS FOR PRODUCTION PLANNING AND CONTROL OF THE COMPONENT MANUFACTURING IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Abstract. The paper addresses key issues related to the production planning and control of the component manufacturing in the automotive industry.

Currently, the automotive industry in the world is in process of transformation under the influence of a number of key factors: new technologies, new products, new features of demand and the thrive for digital transformation. The subject of the paper is an analysis of the mentioned factors, outlining particular specifics of the production planning and control for components manufacturing in the automotive industry. A comparative analysis of the two major production planning methods – Push and Pull is carried out, specifying their relevance and application possibilities in the specified production area.

Keywords: automotive industry, production planning methods, Push, Pull.

Krasen Dimitrov, PhD Student

ORCID: 0009-0005-2678-5875

University of National and World Economy

Sofia, Bulgaria

E-mail: krasendimitrov@unwe.bg