International Scientific Conference 20 UNITECH 26

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
19-21 November 2026
GABROVO

ПОДХОДИ ЗА РАЗПОЛАГАНЕ НА РАБОТНИТЕ МЕСТА В ПРОИЗВОДСТВЕНАТА СРЕДА

Петко Найденов[1*], Веряна Боева[2]

[1]ТУ - Габрово, ул. „Х.Димитър“ 4, Габрово, България
[2]ТУ - Габрово, ул. „Х.Димитър“ 4, Габрово, България
**кореспондиращ автор: petkonaydenov@tugab.bg*

APPROACHES TO A WORKSTATION LAYOUT IN THE PRODUCTION AREA

Petko Naydenov[1*], Veriana Boeva[2]

[1]TU - Gabrovo, 4 H.Dimitar str., Gabrovo, Bulgaria
[2]TU - Gabrovo, 4 H.Dimitar str., Gabrovo, Bulgaria
**Corresponding author: petkonaydenov@tugab.bg*

Abstract
In today's competitive environment, effective spatial planning of the production area is critical for optimizing costs and boosting productivity. This article examines key approaches to workstation layout—flow, functional, group, and fixed-position—and analyzes the criteria for selecting the appropriate method based on the nature of production and technological specifics. Particular attention is paid to the role of ergonomics, workplace safety, and modern digital simulation tools. The guidelines presented help minimize logistics costs, improve material flows, and establish flexible, resilient production system.

ВЪВЕДЕНИЕ

В условията на съвременната конкурентна пазарна среда производствените предприятия са подложени на постоянен натиск да оптимизират своите разходи, да съкратят времето за доставка и да подобрят качеството на продукцията. Един от най-мощните инструменти за постигане на тези цели е стратегическото планиране и разполагане на работните места и оборудването в производственият участък (известно още като *layout* планиране). Правилно организираното в пространството производство не само намалява излишните движения и транспортни разходи, но и създава безопасна, ергономична и мотивираща среда за служителите. Тази статия разглежда основните типове производствени системи и подходите за пространствено изграждане на техните производствени участъци.

Основни типове производствени системи

Под производствена система авторите разбират конкретния израз на проявление на формата на организация на производството. В този смисъл производствените системи биват [1]:

- Групови участъци;
- Поточни линии;
- Предметни участъци;
- Технологични линии;
- Гъвкави автоматизирани линии;
- Гъвкави автоматизирани участъци (ГАПС);
- Виртуално-клетъчни производствени системи (ВКПС).

Print ISSN: 1313-230X, Online ISSN: 3033-1404

Изборът на подход за разполагане на звената и на работните места зависи пряко от типа на производството (серийно, единично или масово) и спецификата на крайния продукт. Най-общо разположението може да бъде:

- **Продуктово (поточно, линейно) разположение:** Оборудването и работните места са подредени по последователността на технологичните операции. Подходящо е за масово производство с висок обем (например автомобилостроене или поточни линии).
- **Процесно (групово, функционално) разположение:** Машините и работните места със сходни функции са групирани заедно в отделни участъци (например отдел за струговане, участък за заваряване). Идеално е за единично или малкосерийно производство с голямо продуктово разнообразие.
- **Клетъчно разположение (Класическа клетка):** Комбинира предимствата на първите два подхода. Машините се организират в „клетки“- производствени участъци, които обслужват производството на детайлни фамилии с подобна технология.
- **Фиксирано (стационарно) разположение:** Продуктът остава на едно място поради своите размери или тегло (например корабостроене или производство на големи машини), а работниците, инструментите и материалите се движат около него.

Ключови фактори при проектирането на работните места

За да бъде едно работно място ефективно и безопасно, при неговото разполагане трябва да се вземат предвид следните критерии:

1. **Ергономия и безопасност:** Минимизиране на физическото натоварване, осигуряване на правилна височина на работния плот, добро осветление и свободен достъп до аварийни изходи.
2. **Минимизиране на транспортните разходи:** Разполагане на свързани операции в непосредствена близост, за да се намали времето и усилията за преместване на суровини и полуфабрикати.
3. **Гъвкавост:** Възможност за лесно преконфигуриране на пространството при промяна на продуктовата гама или въвеждане на нови технологии.
4. **Поток на материалите:** Избягване на кръстосващи се потоци и задръствания в производственото хале (принцип на еднопосочния поток).

Етапи за изграждане на ефективен работен план

- **Анализ на данните:** Идентифициране на обема на производството, последователността на операциите и изискванията към съоръженията.
- **Разработване на схема (Блоково разпределение):** Създаване на предварителни чертежи или 3D модели за визуализация на пространството.
- **Оценка и избор:** Сравняване на различните алтернативи спрямо критерии като разходи, разпределение на площта и ефективност.
- **Въвеждане и мониторинг:** Практическо внедряване на решението и последващо проследяване за евентуални затруднения в процеса.

Важна забележка: Успешният производствен дизайн винаги балансира между икономическата ефективност, технологичните изисквания и комфорта на човешкия фактор (работниците).

Обект на изследване на статията са подходите за разполагане на работните места в производствените участъци, в условията на серийно производство. Целта е да се дефинира критерий за избор на конкретна методика от познатите в практиката [4]:

- Метод на триъгълника;
- Метод на центъра на тежестта;
- Метод на последователното включване.

ИЗЛОЖЕНИЕ

Подходи за разполагане на работните места в серийното производство

Серийното производство заема междинно положение между единичното (поръчково) и масовото производство. При

него изделията се произвеждат на партиди (серии) с предварително определен обем, като често се редуват различни изделия на едни и същи машини. Това поставя уникални изисквания към организацията на пространството: разположението трябва да бъде достатъчно гъвкаво за смяна на сериите, но и достатъчно ефективно, за да осигури висока производителност.

В зависимост от големината на сериите (малкосерийно, средносерийно или голямосерийно) се прилагат специфични подходи за разполагане на работните места.

Основни подходи за серийно производство

1. Класическо клетъчно производство (Cellular Manufacturing)

Този подход [2,3] е предпочитан избор за съвременното серийно производство, особено при средни по размер серии и голямо разнообразие от продукти.

- **Механизъм:** Оборудването и работните станции се подреждат в компактни групи (клетки) по форма на „U“ или „L“. Всяка клетка е оборудвана за производството на „фамилия“ детайли, изискващи сходни технологични операции (например група валове с идентична форма и различни размери).
- **Предимства:**
  - **Бърза пренастройк:** Благодарение на близкото разположените машини, преминаването от един модел към друг в рамките на серията става изключително бързо.
  - **Малък обем незавършено производство:** Детайлите се предават от оператор на оператор в движение, което елиминира натрупването на междинни запаси.
  - **Работа в екип:** Операторите работят в непосредствена близост, което улеснява комуникацията и взаимопомощта.

2. Гъвкави поточни линии

При едросерийното производство, където обемите са по-големи, но все пак се налагат чести промени на продуктовата гама, се използват гъвкави поточни линии.

- **Механизъм:** Работните места са подредени линейно (както при масовото производство), но машините са универсални или с ЦПУ (CNC) управление, а транспортните връзки (например мобилни роботи или подвижни ленти) могат да променят маршрута си.
- **Предимства:**
  - Позволява бързо адаптиране на линията при смяна на модификациите на продукта.
  - Запазва високата скорост на поточното производство за всяка отделна партида.
- **Недостатъци:** Изисква по-сериозни инвестиции в гъвкаво оборудване и софтуер за управление на потока.

3. Групово разположение

Този вариант е подходящ за малко серийно производство, където партидите са малки, а номенклатурата е огромна.

- **Механизъм:** За разлика от чистото процесно разположение (където стругове са в един край на цеха, а фрезите в друг), тук машините са групирани в „мини-цехове“ или специализирани зони спрямо най-често срещаните технологични маршрути за основните серии продукти.
- **Предимства:** Намалява общия път на придвижване на материалите в сравнение с класическото функционално разположение.
- **Недостатъци:** Все още съществува риск от кръстосване на потоците и забавяне при преминаване между различните участъци.

В българската научна литература съществуват 5 начина за разполагане на работните места [1]. Те произтичат от специализацията на участъка или линията.

При **технологична** специализация има само един начин на разполагане:

- Групово - специализацията е технологична => в участъка ще има само един тип машини. Разполагането им може да бъде едноредово, двуредово или многоредово. Двуредовото е удобно за-

щото позволява поставянето на транспортно средство по средата.

При предметна специализация на участъка има четири възможни начина на разположение. Ще ги разгледаме в намаляваща степен на предметна специализация:

- Предметно – линейно (най-тясна предметна специализация)

Детайлите са с голямо технологично и конструктивно сходство;

- Предметно-нелинейно разположение - в този случай продукцията е поразнообразна. Малко вероятно е да има детайли с еднакви технологични процеси. Подреждаме работните места съобразно най-общата последователност на технологичния процес;

- Предметно-групово разположение - преобладаващо са сходни, разнопосочни технологични процеси. Можем да изясним само какви групи машини са ни необходими за изработване на преобладаващите видове изделия. Използват се високопроизводителни машини с ЦПУ. Обособяваме групи от еднородни производствени звена;

- Равномерно-разпръснато разположение - може да са технологично напълно различни технологични процеси. Целта е всяко едно работно място да бъде заобиколено от максимален брой други видове работни места.

Стратегии за оптимизиране на работното пространство при серийно производство

За да бъде ефективно разполагането на работните места в условията на серийно производство, се използват следните методологични инструменти:

-Анализ на потоците (SPGM – Single Product Group Method / From-To Chart): Чрез матрици на преместване се изчислява колко пъти материалите се местят между различните работни места. Целта е най-често свързаните операции да бъдат разположени непосредствено една до друга.

-Дизайн тип "U-образна клетка": При серийното производство U-образното разположение е златен стандарт. То позволява на един оператор лесно да обслужва няколко съседни машини, скъсява пътя му и улеснява контрола на качеството.

-Ергономия на работната зона (5S и визуален мениджмънт): Тъй като в серийното производство работниците често сменят операциите или инструментите, пространството около работната станция трябва да бъде строго организирано. Инструментите и материалите трябва да са на „един ръка разстояние“ (метод на точката на използване), за да се избегне загубата на време в търсене.

В машиностроенето използването на **универсални машини** (като универсални стругове, фрези, бормашини и шлайфмашини) е характерно предимно за единичното, поръчковото и дребносерийното производство. За разлика от специализираните CNC линии или автоматизираните клетки, универсалното оборудване се отличава с изключителна гъвкавост – на една и съща машина могат да се обработват разнообразни детайли с различни форми и размери.

Организацията на работните места с универсални машини има свои специфични особености, предизвикателства и правила за разположение.

Характер на разположението

Тъй като универсалните машини могат да изпълняват широк спектър от операции върху различни детайли, работните места обикновено се организират групово:

-Групиране по вид: Всички универсални стругове се разполагат в една зона (стругарски участък), фрезите – в друга, пробивните и шлифовъчните машини – в съответните им секции.

-Гъвкавост на маршрута: Всеки нов детайл преминава през индивидуален технологичен маршрут, което означава, че материалите се движат между различните функционални зони в цеха.

Ключови елементи на работното място с универсална машина

За разлика от операторите на автома-

тизирани машини, работникът на универсална машина (универсален стругар, фрезист) извършва голяма част от настройките, измерванията и товаро-разтоварните дейности ръчно. Това определя следните изисквания към работното пространство:

-Зона за суровини и готови детайли (Буферни зони):

Необходимо е достатъчно пространство около машината за поставяне на заготовки (пр. метални пръти, отливки, заварки) и готови детайли.

Често се използват специализирани стойки или палети за съхранение на материалите на нивото на ръцете, за да се избягва излишно навеждане и тежък физически труд.

-Работна маса и инструментален шкаф:

До всяка универсална машина трябва да има стабилна работна маса (тезгях) и шкаф за съхранение на универсални приспособления (държат се челюсти, патронници, цанги), режещи инструменти (ножове, свредла, фрези) и измервателна техника (шублери, микрометри, индикатори).

-Място за измерване и контрол:

Тъй като контролът на качеството се извършва най-често от самия оператор на място, на или в непосредствена близост до работното място трябва да е оборудвана чиста и добре осветена площ за прецизни измервания.

Избор на метод за пространствено разполагане на работните места

В условията на средно и голямо серийно производство се използват следните методи за разполагане на работните места:

- метод на триъгълника;
- метод на центъра на тежестта;
- метод на последователното включване.

Методът на триъгълника предполага предметно-нелинейно разполагане на работните места. Авторите предлагат това да се определи с помощта на степента на коопериране на работните места, която се извежда от технологичните маршрути на изработваните изделия. Степента на коопериране [1] за предметно-нелинейно разположение е в границите от 4-6/М до 10-16/М, където М е броят на работните места.

Методите на центъра на тежестта и на последователното включване са подходящи за предметно-линейно разположение на работните места. Авторите предлагат да се въведе понятието коефициент на сходство на технологичните процеси. Математически той ще представлява частното на идеалният технологичен маршрут (маршрута на изделието с най-голям производствен обем) и отклоненията от него на всеки от останалите технологични маршрути. При стойност близка до единица (т.е. малки отклонения) ще бъде избран метод на последователното включване. При малки стойности – метод на центъра на тежестта.

Предизвикателства при разположението и как да се преодолеят

Дълги и сложни транспортни маршрути:

Решение: Прилагане на модифицирано процесно разположение – анализ на повтарящите се маршрути (чрез матрици на преместване) и поставяне на най-често комбинираните машини в близост една до друга.

Безопасност и ергономия:

Решение: Осигуряване на достатъчни сервизни пространства около машината за лесно почистване, отстраняване на стружките (с подвижни колички или конвейери) и монтиране на подемни устройства (телфери или рамо с балансьор) за тежки заготовки.

Осветеност и видимост:

Решение: Комбинация от общо осветление в цеха и мощно локално насочено осветление на всяка машина.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В статията са изследвани подходите за разполагане на работните места в производствените участъци, в условията на

серийно производство. Дефиниран е критерий за избор на конкретна методика от познатите в практиката:

- Метод на триъгълника;
- Метод на центъра на тежестта;
- Метод на последователното включване.

Описани са общите изисквания за правилно разполагане и достъпност на работните места.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Dakov, I., Organizacia na proizvodstveni i operacionni sistemi, Sofia, 2014, Technicheski universitet Sofia, ISBN 978-619-167-137-3.

[2] McLean, C.R., Bloom, H.R., and Hopp, T.H.: The Virtual Manufacturing Cell. In: *Proceedings of Fourth IFAC/IFIP Conference on Information Control Problems in Manufacturing Technology*, 1982, Gaithersburg, MD.

[3] Drolet J. et al.: The cellular manufacturing evolution, *Computers and. Engineering,* Vol. 31, No1/2 (1996) p. 139.

[4] Nikolova, An. Proizvodstven menijmant., Gabrovo, 2003, UI “V. Aprilov, ISBN 954-683-143-3.