

NGHIÊN CỨU THIẾT KẾ VÀ CHẾ TẠO TRẠM CẤP LIỆU TÍNH GỌN PHỤC VỤ CẢI TIẾN NÂNG CAO NĂNG SUẤT TRONG SẢN XUẤT CÔNG NGHIỆP

RESEARCH ON THE DESIGN AND FABRICATION OF LEAN MATERIAL
SUPPLY STATIONS FOR PRODUCTIVITY IMPROVEMENT IN INDUSTRIAL
MANUFACTURING

NGÔ VƯƠNG QUỐC¹, PHAN PHƯƠNG HÀ¹, TRẦN HƯƠNG GIANG¹,
LÊ THU HOÀI¹, NGUYỄN XUÂN QUANG¹, PHẠM VĂN TRIỆU²,
PHẠM MINH NGỌC^{2*}

¹Sinh viên Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

²Khoa Máy tàu biển, Trường Đại học Hàng hải Việt Nam

*Email liên hệ: ngocpm.mtb@vimaru.edu.vn

Tóm tắt

Trong các nhà máy sản xuất hiện nay, năng suất lao động và sức khỏe công nhân, đặc biệt tại các trạm cấp liệu, đang đối mặt với nhiều thách thức. Công nhân thường phải thực hiện các thao tác thủ công như kéo, đẩy, bê vác, làm tăng nguy cơ chấn thương xương khớp và suy giảm sức khỏe. Ngoài ra, quy trình cấp liệu hiện tại còn thiếu ổn định, dễ xảy ra nhầm lẫn và tốn nhiều nhân công, gây gián đoạn sản xuất và tăng chi phí vận hành. Để khắc phục những hạn chế trên, bài báo tập trung nghiên cứu, thiết kế và chế tạo một trạm cấp liệu tính gọn nhằm nâng cao năng suất trong sản xuất công nghiệp.

Từ khóa: Trạm cấp liệu tính gọn, thiết kế, chế tạo, năng suất, sản xuất công nghiệp.

Abstract

In industrial factories, labor productivity and workers' health are becoming significant challenges, particularly at material supply stations. Workers often have to perform manual tasks such as pulling, pushing into, pushing, and carrying, which lead to a high risk of musculoskeletal issues and declining health. Additionally, the current material supply process frequently experiences errors, instability, and requires a large workforce, causing production interruptions and increasing operational costs. To address these issues, this paper focuses on the research, design, and development of a lean material supply station aimed at improving productivity in industrial manufacturing.

Keywords: Lean Supply Station, Design, fabrication, productivity, industrial manufacturing.

1. Đặt vấn đề

Hiện nay, tại nhiều nhà máy sản xuất ở Việt Nam, phương pháp cấp liệu thủ công vẫn đang được sử dụng phổ biến do chi phí đầu tư ban đầu thấp và tính linh hoạt trong vận hành. Tuy nhiên, thực tế cho thấy công nhân phải thường xuyên thực hiện các thao tác nặng nhọc như bê vác, vận chuyển vật liệu lặp đi lặp lại trong thời gian dài, dẫn đến tình trạng mệt mỏi, đau nhức cơ - xương - khớp, ảnh hưởng nghiêm trọng đến sức khỏe và hiệu suất làm việc.

Trong các dây chuyền lắp ráp lớn, đặc biệt trong ngành điện tử, cơ khí hay lắp ráp xe máy, nhu cầu cấp liệu liên tục cho nhiều trạm làm việc khiến doanh nghiệp buộc phải bố trí một lượng lớn lao động chỉ để thực hiện nhiệm vụ cấp phát vật tư. Điều này không chỉ làm tăng chi phí nhân công mà còn kéo theo nguy cơ cao xảy ra lỗi như cấp nhầm, thiếu hoặc sai vật liệu, ảnh hưởng đến tiến độ và chất lượng sản phẩm. Thực tế tại một số nhà máy cho thấy việc cấp liệu thủ công còn dẫn đến tình trạng hàng hóa để chồng chất, thiếu sắp xếp khoa học, khiến công nhân mất nhiều thời gian tìm kiếm, làm giảm hiệu quả lao động và gây gián đoạn chuỗi sản xuất.

Trong nghiên cứu [1] của tác giả Patrik Östlund đã đề xuất các khuyến nghị về việc cải thiện quy trình cấp liệu cho các dây chuyền lắp ráp thông qua hệ thống sản xuất Toyota (TPS) và sản xuất tính gọn (Lean). Tại TP. Hồ Chí Minh có một nhóm 10 kỹ sư [2] đã chế tạo thành công robot tự hành AGV giúp vận chuyển hàng hóa trong nhà máy, tỷ lệ nội địa hóa 70%. Robot này có 3 dạng kéo, nâng, chở hàng có

khả năng tự di chuyển theo tuyến đường đã định, sử dụng công nghệ dẫn đường, ứng dụng trong vận chuyển hàng hóa có tính lặp lại cho nhà máy, kho hàng. Ngoài ra, trong nghiên cứu [3] chỉ ra Karakuri là một cơ chế khéo léo được sử dụng để tự động hóa hoạt động. Nó hoạt động dựa trên nguyên tắc sử dụng năng lượng sẵn có như độ đàn hồi và từ tính. Không có nguồn điện hoặc động cơ điện hoặc động cơ được sử dụng để điều khiển cơ cấu. Ngoài ra, nghiên cứu [4] đề cập về phương pháp quản lý kho theo nguyên tắc FIFO, đảm bảo hàng hóa nhập kho trước sẽ được xuất ra trước tránh tình trạng tồn kho và giảm lãng phí chi phí vật liệu. Nhìn chung, các nghiên cứu này đều tập trung vào việc tối ưu hóa chi phí, nâng cao năng suất đồng thời góp phần xây dựng môi trường làm việc an toàn và đảm bảo sức khỏe người công nhân.

Tuy nhiên, các giải pháp trên vẫn chưa thực sự phù hợp với từng nhà máy sản xuất cụ thể, do thiếu hệ thống tích hợp tự động lấy và cấp hàng từ kho đến trạm lắp ráp. Hệ thống Karakuri dù sáng tạo nhưng vẫn đòi hỏi sức người để đẩy, di chuyển trạm hoặc điều chỉnh cơ cấu, chưa đạt được mức độ tự động hóa hoàn toàn. Bên cạnh đó, với các cơ cấu lớn vẫn chưa áp dụng được đa dạng hóa khiến việc sử dụng ở các doanh nghiệp gặp nhiều thử thách và khó khăn.

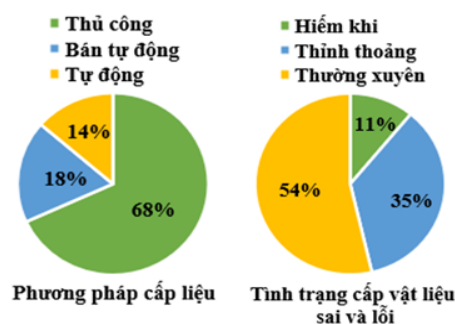
Từ những vấn đề nêu trên, nhóm nghiên cứu đã đề xuất thiết kế và chế tạo trạm cấp liệu tinh gọn. Dựa trên việc nghiên cứu các nguyên lý làm việc, phân tích mô hình toán học và đánh giá lý thuyết liên quan đến hệ thống cấp liệu để nâng cao hiệu suất đồng thời đảm bảo sức khỏe và sự an toàn cho người lao động.

2. Phân tích hiện trạng cấp liệu

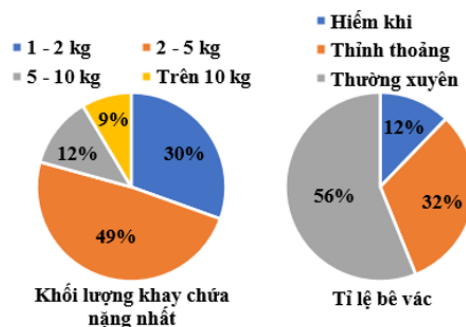
Hiện nay, trong các nhà máy sản xuất tại Việt Nam, ba phương pháp cấp liệu phổ biến đang được áp dụng bao gồm: Cấp liệu thủ công, bán tự động và tự động. Kết quả khảo sát thực tế tại một số cơ sở sản xuất công nghiệp hiện nay cho thấy phương pháp cấp liệu thủ công vẫn chiếm tỷ lệ áp đảo với 68%, trong khi cấp liệu bán tự động và tự động chỉ chiếm lần lượt 18% và 14% (Hình 1). Số liệu này phản ánh một thực trạng đáng chú ý rằng quá trình tự động hóa trong công đoạn cấp liệu vẫn chưa được triển khai rộng rãi, đặc biệt trong các nhà máy quy mô vừa và nhỏ.

Phương pháp cấp liệu thủ công phụ thuộc hoàn toàn vào sức người trong việc vận chuyển và phân phối vật liệu đến các vị trí làm việc. Chính vì vậy, phương pháp này tiềm ẩn nhiều rủi ro liên quan đến yếu tố con người. Qua khảo sát, nhóm nghiên cứu

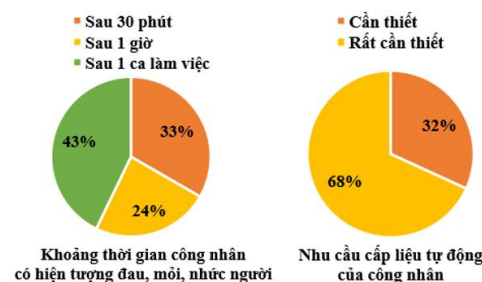
ghi nhận rằng các lỗi trong quá trình cấp liệu xảy ra khá thường xuyên, đặc biệt là các lỗi liên quan đến việc cấp thiếu, cấp thừa hoặc cấp nhầm vật liệu, chủ yếu bắt nguồn từ sai sót trong tính toán hoặc thao tác của công nhân. Hơn nữa, khi công nhân phải tập trung cao độ trong thời gian dài, dễ dẫn đến tình trạng mệt mỏi, mất tập trung và suy giảm trí nhớ tạm thời, từ đó làm tăng nguy cơ nhầm lẫn trong quá trình làm việc. Một bất cập khác được ghi nhận là hạn chế trong việc bảo quản vật liệu ở các khu vực



Hình 1. Kết quả khảo sát quy trình cấp liệu



Hình 2. Khảo sát quy trình cấp liệu



Hình 3. Khảo sát nhu cầu cấp liệu tự động theo cảm nhận của công nhân

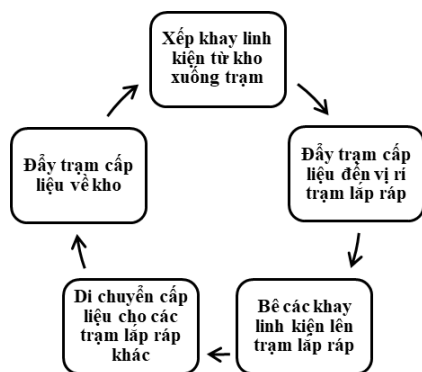
cấp liệu thủ công, khiến vật liệu dễ hư hỏng, mất giá trị sử dụng hoặc bị phân phối sai vị trí.

Về mặt thể chất, khảo sát cũng cho thấy công nhân làm việc trong các dây chuyền cấp liệu thủ công và bán tự động thường xuyên phải bê vác vật liệu có khối lượng trung bình từ 2-5 kg (chiếm 49%

số mẫu khảo sát), và 56% công nhân cho biết họ phải thực hiện thao tác bê vác thường xuyên trong mỗi ca (Hình 2). Việc lặp đi lặp lại thao tác này trong thời gian dài không chỉ làm giảm hiệu suất lao động mà còn làm gia tăng tỷ lệ sai sót và có nguy cơ gián đoạn sản xuất do lỗi của con người. Về lâu dài, việc lao động nặng nhọc gây ra các vấn đề nghiêm trọng về sức khỏe như đau mỏi cổ, vai, gáy và các tổn thương về cơ - xương - khớp, ảnh hưởng trực tiếp đến chất lượng và tuổi thọ lao động.

Đáng chú ý, khi khảo sát cảm nhận của công nhân về nhu cầu cải tiến quy trình cấp liệu, kết quả cho thấy 43% công nhân cảm thấy mệt mỏi rõ rệt sau một ca làm việc, và 33% bắt đầu có dấu hiệu nhức mỏi chỉ sau 30 phút làm việc liên tục (Hình 3). Đặc biệt, 100% công nhân tham gia khảo sát đều đồng thuận với việc cần thiết phải cải tiến hệ thống cấp liệu theo hướng tự động hóa nhằm giảm bớt gánh nặng thể chất, cải thiện điều kiện làm việc và nâng cao hiệu quả sản xuất. Những số liệu này là cơ sở thực tiễn quan trọng, củng cố tính cấp thiết của việc phát triển một giải pháp cấp liệu tinh gọn và tự động hóa cao, phù hợp với xu thế chuyển đổi công nghệ trong sản xuất hiện đại.

Trong lúc cấp liệu người công nhân ngoài việc phải đẩy trạm cấp liệu còn phải bê vác, sắp xếp các khay linh kiện theo quy trình thể hiện tại Hình 4.



Hình 4. Sơ đồ quy trình cấp liệu

Bên cạnh đó, thực trạng kho hàng tại Việt Nam vẫn còn nhiều hạn chế, các doanh nghiệp vẫn sử dụng phương pháp quản lý kho truyền thống chưa áp dụng nhiều công nghệ vào quản lý (kiểm kê, xuất nhập kho,...), gây tốn thời gian, nhân lực mà hiệu quả lại không cao. Đặc biệt là vấn đề tồn kho, hàng nhập trước lại xuất sau do bị xếp chồng lên nhau nguyên liệu theo thời gian sẽ bị hư hại, gây lãng phí.

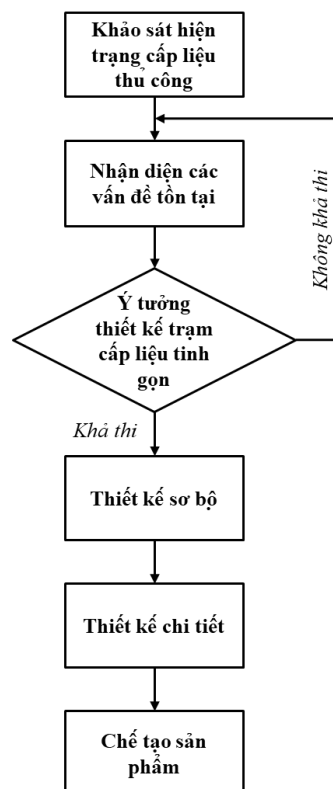
3. Thiết kế và chế tạo

3.1. Quy trình thiết kế

Nhóm nghiên cứu đã lên kế hoạch và triển khai

thiết kế trạm cấp liệu dựa trên nhu cầu thực tế về việc cải tiến và nâng cao năng suất trong các nhà máy công nghiệp. Quy trình thiết kế trạm cấp liệu tinh gọn được thực hiện thông qua việc lên kế hoạch sơ bộ và khảo sát tình hình thực tế tại các công ty lắp ráp với mục đích cải tiến năng suất hoạt động của người lao động cũng như dây chuyền lắp ráp. Cụ thể, nhóm đã tiến hành lập phiếu khảo sát, thực hiện việc thu thập dữ liệu, thông tin về quy trình cấp liệu hiện tại ở các nhà máy, doanh nghiệp sản xuất trong lĩnh vực điện tử, điện lạnh,... Sau khi đã thu thập được thông tin, cùng với việc tham khảo và nghiên cứu các tài liệu, bài báo, các ý kiến của các chuyên gia trong ngành, nhóm đã đưa ra một số ý tưởng về trạm cấp liệu tinh gọn, từ đó phân tích và đánh giá tính thực tiễn của ý tưởng đó. Qua đánh giá, các ý tưởng thiết kế đã tập trung và việc tăng năng suất lao động, giảm thiểu một số những quy trình thủ công, tốn sức lao động và hạn chế được các lỗi như nhầm hàng, thiếu hàng trong quá trình cấp liệu.

Quá trình thiết kế chế tạo trạm cấp liệu tinh gọn được thể hiện ở Hình 5. Sau khi hoàn thiện khảo sát nhóm nghiên cứu đã triển khai quy trình thiết kế trạm cấp liệu tinh gọn qua 3 giai đoạn chính: Thiết kế ý tưởng, thiết kế sơ bộ và thiết kế chi tiết.



Hình 5. Sơ đồ quy trình thiết kế

Thiết kế ý tưởng

Trạm cấp liệu được thiết kế để cung cấp linh kiện tự động cho dây chuyền lắp ráp thủ công và hỗ trợ vận chuyển linh kiện đến các máy móc tự động. Trạm có công suất vận chuyển 4 khay/lần, mỗi khay từ 5 đến 10kg, tổng tải trọng tối đa 40 kg/lần. Khoảng cách từ kho đến trạm là 30-40 mét, thời gian di chuyển 3 đến 5 phút, thực hiện 12-20 chuyến/giờ, tương đương 80 khay/giờ.

Nguyên liệu chủ yếu là linh kiện điện tử và gia dụng nhỏ gọn, có độ ẩm thấp, không dễ vỡ. Trạm cần có khay đựng phù hợp, cơ cấu trượt mượt mà và khả năng chống rung. Ngoài ra, trạm phải đảm bảo an toàn lao động, giảm tiếng ồn, và tối ưu chi phí vận hành. Hệ thống này còn hỗ trợ tích hợp với các hệ thống tự động hóa, nâng cao hiệu suất và bền vững trong sản xuất.

Thiết kế sơ bộ

Hệ thống trạm cấp liệu được thiết kế bao gồm ba bộ phận chính: Trạm chờ tại kho, trạm cấp liệu, và trạm chờ tại khu vực lắp ráp. Trạm chờ tại kho lưu trữ các khay chứa nguyên liệu, sẵn sàng cho quá trình sản xuất. Trạm cấp liệu đóng vai trò là trung gian, vận chuyển nguyên liệu từ trạm chờ tại kho đến trạm chờ tại khu vực lắp ráp và thu hồi các khay trống sau khi sử dụng. Trạm này sử dụng Robot AGV (Automated Guided Vehicle), hoạt động hoàn toàn tự động, giúp tăng tính hiệu quả và giảm sự can thiệp của con người. Trạm chờ tại khu vực lắp ráp là nơi thực hiện công việc lắp ráp linh kiện thành sản phẩm, có thể là công nhân hoặc hệ thống tự động. Quá trình cấp liệu và lắp ráp diễn ra tuần hoàn, đảm bảo cung cấp nguyên liệu liên tục và tối ưu hóa thời gian làm việc.

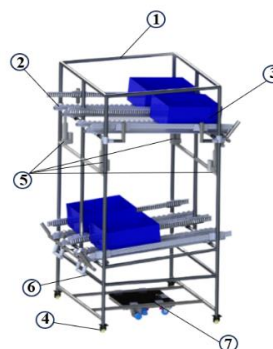
Hệ thống sử dụng nhôm ống D28 với đường kính 28mm, giúp giảm trọng lượng nhưng vẫn đảm bảo khả năng chịu lực và chống ăn mòn, rất phù hợp cho môi trường công nghiệp. Thanh truyền con lăn nhựa 40A giúp giảm ma sát trong quá trình vận chuyển khay, tiết kiệm sức lao động và nâng cao tốc độ cấp liệu. Robot AGV hoạt động dựa trên cảm biến và từ tính, tự động chuyển khay đến vị trí chính xác mà không cần sự can thiệp trực tiếp của người, giúp nâng cao tính tự động hóa và độ tin cậy của hệ thống.

Việc lựa chọn thiết bị dựa trên các yêu cầu công suất vận hành: Tối đa 80 khay/giờ, tải trọng tối đa 40 kg/lần, và các đặc tính của nguyên liệu như kích thước nhỏ, độ cứng, và độ ẩm thấp. Hệ thống không chỉ tối ưu về hiệu suất mà còn đảm bảo an toàn (không gây nguy hiểm), bảo vệ môi trường (giảm tiếng ồn, tiết

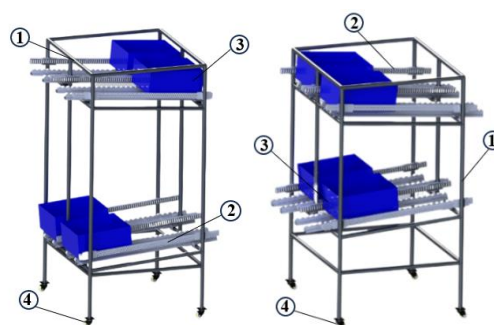
kiệm năng lượng) và kinh tế (chi phí vận hành thấp). Thiết kế này hướng tới việc nâng cao hiệu quả sản xuất và đảm bảo tính ổn định lâu dài trong vận hành.

Thiết kế chi tiết

Hệ thống trạm cấp liệu tinh gọn được thiết kế bao gồm ba bộ phận chính: Trạm chờ tại kho, Trạm cấp liệu và Trạm chờ tại khu vực lắp ráp. Trong đó trạm cấp liệu được kết nối với Robot AGV nhằm tự động hóa quá trình vận chuyển nguyên liệu được thể hiện trong Hình 6 và Hình 7.



Hình 6. Mô hình thiết kế trạm cấp liệu tinh gọn



Hình 7. Mô hình thiết kế trạm chờ tại kho và trạm chờ tại khu vực lắp ráp

Bảng 1. Kết cấu các trạm

TT	Chi tiết
1	Nhôm ống D28
2	Thanh truyền con lăn nhựa 40A
3	Hộp đựng
4	Bánh xe
5	Xy lanh điện
6	Cơ cấu đóng mở
7	Robot AGV

Trạm cấp liệu đóng vai trò quan trọng trong việc vận chuyển nguyên liệu từ trạm chờ tại kho đến trạm chờ tại khu vực lắp ráp, với khả năng vận chuyển 4 khay/lần, tổng tải trọng 40 kg/lần. Robot AGV tự động di chuyển và sử dụng cảm biến từ tính và

quang học để xác định vị trí và tránh chướng ngại vật, đảm bảo quá trình cấp liệu được thực hiện một cách chính xác và hiệu quả.

3.2. Chế tạo

Quá trình chế tạo trạm cấp liệu tinh gọn được thực hiện qua các giai đoạn chính như chuẩn bị vật liệu, gia công cơ khí, lắp đặt hệ thống điều khiển, tích hợp các trạm chức năng, hiệu chỉnh và vận hành thử. Vật liệu chính bao gồm nhôm ống D28 và thanh truyền con lăn nhựa 40A, đảm bảo độ bền và khả năng chống ăn mòn. Các linh kiện như xy lanh điện, cảm biến quang học và Robot AGV được thiết kế, chế tạo kỹ lưỡng nhằm đảm bảo độ tin cậy. Robot AGV được lập trình di chuyển tự động theo tuyến đường định sẵn, kết hợp với hệ thống điều khiển trung tâm để đảm bảo hoạt động đồng bộ, chính xác và tránh chướng ngại vật.

Hệ thống gồm các trạm chờ tại kho và khu vực lắp ráp, thiết kế theo nguyên tắc FIFO nhằm tối ưu hóa quản lý hàng tồn kho và thuận tiện cho việc cấp liệu. Sau khi hoàn tất lắp đặt, hệ thống được hiệu chỉnh để đảm bảo độ chính xác, tốc độ vận chuyển đạt 80 khay/giờ với tải trọng tối đa 40 kg/lần. Hệ thống đáp ứng yêu cầu về an toàn, giảm thiểu tiếng ồn và tiết kiệm năng lượng.

Kết quả thử nghiệm trong điều kiện thực tế cho thấy hệ thống vận hành ổn định, hiệu quả, góp phần nâng cao năng suất và giảm sự can thiệp của con người trong dây chuyền sản xuất công nghiệp.

Sản phẩm trạm cấp liệu tinh gọn đi kèm trạm chờ tại kho và trạm chờ tại khu vực lắp ráp được mô tả trong Hình 8.

4. Phân tích hiệu quả trạm cấp liệu tinh gọn

4.1. Năng suất lao động

Trong quá trình nghiên cứu và thực hiện, việc

phân tích năng suất lao động là yếu tố then chốt để đánh giá hiệu quả của hệ thống trạm cấp liệu tinh gọn. Bài toán tính toán năng suất lao động đặc biệt chú trọng đến sự cải thiện về tốc độ sản xuất, giảm thiểu lãng phí thời gian, đồng thời tối ưu hóa việc vận hành.

Thời gian vận chuyển nguyên liệu từ kho đến trạm lắp ráp được xác định bởi công thức dựa trên nghiên cứu [5]:

$$T_2 = \frac{S}{V} \text{ (phút)} \quad (1)$$

Trong đó: T_2 là thời gian vận chuyển, S là quãng đường di chuyển từ kho đến trạm cấp liệu, V là vận tốc di chuyển trung bình.

Tổng thời gian một chu kỳ cấp liệu được xác định bởi công thức sau:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 \text{ (phút)} \quad (2)$$

Trong đó: T_1 là thời gian lấy nguyên liệu từ kho, T_3 là thời gian thao tác cấp liệu.

Năng suất cấp liệu được xác định bởi công thức sau:

$$P = \frac{Q}{T} \text{ (sản phẩm/phút)} \quad (3)$$

Trong đó: Q là lượng nguyên liệu cần cấp trong một giờ, P là năng suất cấp liệu.

Khi đó hiệu suất cấp liệu được xác định bởi công thức sau:

$$E = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \times 100\% \text{ (%) } \quad (4)$$

Trong đó: P_1 là năng suất cấp liệu trước khi cải tiến, P_2 là năng suất cấp liệu sau khi cải tiến, E là hiệu suất cấp liệu.

Sau khi sử dụng trạm cấp liệu tinh gọn, lượng nguyên liệu cần dùng, vận tốc trung bình di chuyển và quãng đường trung bình từ kho đến trạm lắp ráp



(a) Trạm cấp liệu tinh gọn



(b) Trạm chờ tại kho



(c) Trạm chờ tại khu vực lắp ráp

Hình 8. Sản phẩm trạm cấp liệu tinh gọn sau khi chế tạo

Bảng 2. So sánh hiệu quả lao động trước và sau khi áp dụng trạm cấp liệu tinh gọn

Chỉ tiêu	Trước cải tiến	Sau cải tiến
Lượng nguyên liệu cần cấp (Q)	120 sản phẩm/giờ	120 sản phẩm/giờ
Vận tốc di chuyển trung bình (V)	10 m/phút	10 m/phút
Quãng đường di chuyển (S)	20 m	20 m
Thời gian lấy nguyên liệu từ kho (T ₁)	4 phút	2 phút
Thời gian vận chuyển (T ₂)	2 phút	2 phút
Thời gian thao tác cấp liệu (T ₃)	4 phút	2 phút
Tổng thời gian chu kỳ (T)	10 phút	6 phút
Năng suất cấp liệu (P)	720 sản phẩm/giờ	1200 sản phẩm/giờ
Hiệu suất cải tiến	-	67%

Bảng 3. Tổng hợp ảnh hưởng cảm xúc đến hiệu quả làm việc

Loại cảm xúc	p - value	Ảnh hưởng đến thời gian làm việc	Ảnh hưởng đến năng suất
Vui vẻ	< 0,05	Tăng	Tăng
Tức giận	< 0,05	Không đáng kể	Giảm
Thất vọng	< 0,05	Không đáng kể	Giảm
Lo lắng	< 0,05	Tăng ở một số người	Tăng nhẹ
Buồn	> 0,05	Không đáng kể	Không thay đổi

Bảng 4. So sánh hiệu quả kinh tế trước và sau khi sử dụng trạm cấp liệu tinh gọn

Hạng mục	Trước (VNĐ/ngày)	Sau (VNĐ/ngày)
Số lượng nhân công	10 người	2 người
Chi phí nhân công	3.440.000	688.000
Chi phí hao hụt nguyên liệu	50.000	50.000
Chi phí khấu hao hệ thống	0	273.973
Chi phí năng lượng	0	500.000
Tổng chi phí	3.490.000	1.511.973
Tiết kiệm/ngày	-	1.978.027
Tiết kiệm/năm	-	~722.000.000
Thời gian hòa vốn	-	~ 8 tháng

sẽ không đổi. Nhưng thời gian lấy nguyên liệu từ kho và thao tác cấp liệu sẽ giảm. Khi đó hiệu quả năng suất lao động được thể hiện thông qua Bảng 2.

4.2. Sức khỏe lao động

Bên cạnh yếu tố kỹ thuật và công nghệ, con người là một thành tố cốt lõi ảnh hưởng đến năng suất lao động trong quá trình sản xuất. Nhiều nghiên cứu trước đây đã chỉ ra mối liên hệ mật thiết giữa trình độ, kinh nghiệm, cũng như yếu tố cảm xúc của người lao động với hiệu quả làm việc thực tế tại doanh nghiệp.

Theo khảo sát được trình bày trong nghiên cứu [6], với tổng số 120 phiếu khảo sát hợp lệ, kết quả cho thấy có 49,2% người tham gia đạt trình độ đại học, 20% đạt trình độ trung cấp hoặc cao đẳng. Hệ số Cronbach's Alpha - được tính theo công thức của Nunnally (1978) - được sử dụng để kiểm định độ tin cậy của thang đo:

$$\alpha = \frac{Np}{1 + (N-1)p} \quad (5)$$

Trong đó, p là hệ số tương quan trung bình giữa các mục hỏi, N là số lượng mục hỏi. Kết quả phân tích cho thấy, yếu tố "Lao động thủ công" (LĐTC) xếp ở vị trí quan trọng thứ năm với giá trị trung bình đạt 3,95. Điều này phản ánh thực trạng phổ biến tại nhiều doanh nghiệp vừa và nhỏ ở Việt Nam, nơi mà công nhân chưa có nhiều kinh nghiệm cũng như kiến thức vận hành máy móc hiện đại. Phần lớn quy trình vẫn phụ thuộc vào sức lao động thủ công, dẫn đến năng suất thấp và chất lượng sản phẩm không ổn định.

Việc ứng dụng trạm cấp liệu tinh gọn với Robot AGV và cơ cấu tự động đã cải thiện đáng kể điều kiện làm việc của công nhân. Cụ thể, hệ thống loại bỏ hoàn toàn thao tác bê vác vật liệu (2-5 kg/lần) nhờ cơ chế tự động đưa khay đến vị trí làm việc ở độ cao

tối ưu, giảm 100% nguy cơ chấn thương cơ-xương-khớp (Hình 2, 4). Bên cạnh đó, việc tích hợp cảm biến và nguyên tắc FIFO giúp công nhân không phải di chuyển hoặc với lấy nguyên liệu, từ đó giảm mệt mỏi sau 30 phút làm việc (từ 33% xuống dưới 5% theo khảo sát thử nghiệm).

Ngoài ra, nghiên cứu [7] nhấn mạnh đến ảnh hưởng của yếu tố cảm xúc đối với hiệu quả làm việc. Trong nghiên cứu này, các biến phụ thuộc được mã hóa dưới dạng nhị phân: 0 nếu hiệu quả làm việc không thay đổi và 1 nếu cảm xúc có ảnh hưởng (tích cực hoặc tiêu cực). Kết quả cho thấy, với ngưỡng ý nghĩa thống kê $p < 0,05$, cảm xúc có tác động đáng kể đến thời lượng làm việc trong ngày, trừ cảm xúc buồn. Đặc biệt, cảm xúc tích cực như vui vẻ giúp nâng cao năng suất, trong khi cảm xúc tiêu cực như tức giận, thất vọng lại làm giảm hiệu quả làm việc. Riêng trạng thái lo lắng được ghi nhận là có thể thúc đẩy năng suất ở một số cá nhân. Ảnh hưởng cảm xúc đến hiệu quả công việc được thể hiện trong Bảng 3.

Từ các nghiên cứu trên, có thể khẳng định rằng năng suất lao động không chỉ phụ thuộc vào công nghệ hay quy trình, mà còn chịu ảnh hưởng lớn từ trình độ, thói quen làm việc và yếu tố cảm xúc của người lao động. Đây chính là một trong những lý do cốt lõi thúc đẩy việc ứng dụng trạm cấp liệu tinh gọn nhằm giảm thiểu các thao tác thủ công, đồng thời giảm bớt áp lực tâm lý và thể chất lên người công nhân. Việc này không chỉ giúp cải thiện năng suất mà còn nâng cao tính ổn định và hiệu quả toàn diện trong sản xuất công nghiệp hiện đại.

Dựa trên khảo sát thực tế và dữ liệu tham khảo từ các tài liệu [8], lương trung bình của một nhân viên kho tại doanh nghiệp sản xuất ở Việt Nam hiện nay khoảng 9.000.000 VNĐ/tháng, với 26 ngày làm việc và 8 giờ/ngày. Suy ra, đơn giá lao động theo giờ là 43.000 VNĐ. Chi phí nhân công hàng ngày được xác định bởi công thức dựa trên nghiên cứu [9]:

$$C_{\text{nhan cong}} = N \times W \times h \text{ (VNĐ/ngày)} \quad (6)$$

Trong đó: N là số lượng nhân công, W là giá lao động theo giờ, h là số giờ lao động.

Chi phí hao hụt nguyên liệu hàng ngày được xác định bởi công thức:

$$C_{\text{hao hut}} = Q \times t \times P_{nl} \text{ (VNĐ/ngày)} \quad (7)$$

Trong đó: Q là số lượng nguyên liệu cần cấp mỗi ngày, t là tỉ lệ hao hụt nguyên liệu, P_{nl} là giá nguyên liệu.

Như vậy tổng chi phí hàng ngày cần thiết cho quá trình cấp liệu trước khi áp dụng trạm cấp liệu tinh gọn được xác định bởi công thức:

$$C = C_{\text{nhan cong}} + C_{\text{hao hut}} \text{ (VNĐ/ngày)} \quad (8)$$

Sau khi áp dụng trạm cấp liệu tinh gọn, số lượng nhân công sẽ giảm đi. Tuy nhiên đi kèm với đó sẽ có thêm chi phí khấu hao hệ thống và chi phí năng lượng. Hiệu quả về mặt kinh tế, khi áp dụng trạm cấp liệu tinh gọn được thể hiện trong Bảng 4. So sánh trước và sau khi áp dụng trạm cấp liệu tinh gọn, có thể thấy doanh nghiệp tiết kiệm được 1,978,027 VNĐ mỗi ngày, tương đương khoảng 722 triệu VNĐ mỗi năm. Với mức tiết kiệm như trên, thời gian hoàn vốn của dự án chỉ khoảng hơn 8 tháng. Đây là một con số rất khả quan, khẳng định tính hiệu quả và tiềm năng kinh tế cao của hệ thống cấp liệu tinh gọn trong bối cảnh sản xuất công nghiệp hiện nay.

5. Kết luận

Nghiên cứu đã tập trung vào việc thiết kế và chế tạo trạm cấp liệu tinh gọn nhằm giải quyết các vấn đề tồn tại trong quy trình cấp liệu thủ công tại các nhà máy sản xuất công nghiệp. Kết quả cho thấy hệ thống mới không chỉ giúp nâng cao năng suất lao động mà còn cải thiện đáng kể điều kiện làm việc và sức khỏe của công nhân.

Trạm cấp liệu tinh gọn với sự hỗ trợ của Robot AGV đã giảm thời gian chu kỳ cấp liệu từ 10 phút xuống còn 6 phút, đồng thời tăng năng suất từ 720 lên 1.200 sản phẩm/giờ, tương đương hiệu suất cải tiến đạt 67%. Hệ thống cũng giảm thiểu các lỗi thủ công như cấp nhầm, thiếu liệu, nhờ cơ chế tự động hóa và tích hợp cảm biến chính xác.

Đồng thời, việc áp dụng trạm cấp liệu tinh gọn sẽ giúp doanh nghiệp tiết kiệm khoảng 1.978.027 VNĐ/ngày, tương đương 722 triệu VNĐ/năm, với thời gian hoàn vốn chỉ khoảng 8 tháng. Chi phí nhân công giảm 80% nhờ giảm từ 10 xuống còn 2 người, đồng thời hạn chế tối đa hao hụt nguyên liệu.

Trong tương lai, nghiên cứu đề xuất mở rộng ứng dụng trạm cấp liệu tinh gọn cho các ngành sản xuất đa dạng hơn, tích hợp thêm công nghệ AI để tối ưu tuyến đường vận chuyển và nâng cao khả năng dự đoán nhu cầu nguyên liệu. Bên cạnh đó, việc phát triển phiên bản module hóa sẽ giúp hệ thống linh hoạt hơn, phù hợp với quy mô nhà máy khác nhau.

Trạm cấp liệu tinh gọn là giải pháp toàn diện, kết hợp giữa tự động hóa và nguyên tắc sản xuất tinh gọn, mang lại lợi ích kép về kinh tế và xã hội. Nghiên cứu này mở ra hướng đi bền vững cho các doanh nghiệp trong bối cảnh cách mạng công nghiệp 4.0, đồng thời khẳng định tiềm năng ứng dụng rộng rãi trong thực tiễn sản xuất công nghiệp tại Việt Nam.

Lời cảm ơn

Nghiên cứu này được tài trợ bởi Công ty TNHH LG Electronics Việt Nam trong đề tài nghiên cứu khoa học sinh viên cấp trường mã số: **SV24-25.12**.

TÀI LIỆU THAM KHẢO

- [1] Östlund, P. (2020). *Improving Materials Supply Processes to Assembly Lines through Toyota Production System and Lean Manufacturing*.
- [2] VnExpress. (2024). *Kỹ sư Việt chế tạo robot tự hành trong nhà máy*.
<https://vnexpress.net/ky-su-viet-che-cao-robot-tu-hanh-trong-nha-may-4807971>.
- [3] Bhanu, M. V., & Kumar, P. B. S. (2018). *Global study and implementation of Karakuri*. Bachelor Thesis. Sweden Chalmers Tekniska Högskola, Gothenburg.
- [4] Handayani, M., Maulani, S. F., Nirmala, I., Ardani, M. F., Ageng, B. H., Firmansyah, R., & Rammadhani, F. S. (2024). *FIFO Method Improvement and Adjustment Design for PT. ABC Warehouse Plans*.
- [5] Khanapurkar, S., Gadekar, P., Bawankukle, N., Ingole, S., & Sanghai, S. S. (2016). *Analysis of Labor Productivity*. International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), Vol.3(06).
- [6] Nguyễn Hoài Nghĩa, Trần Phi Hùng, Phạm Văn Bảo, (2021). *Ảnh hưởng của điều kiện làm việc đến năng suất lao động của công nhân xây dựng - Impact of working conditions on labor productivity of construction workers*. Tạp chí của Bộ Xây dựng.
- [7] Phan Thị Mai Hương, Đỗ Thị Lệ Hằng (2022). *Ảnh hưởng của cảm xúc đến hiệu quả làm việc của người lao động*. Tạp chí Tâm Lý học Viện hàn lâm Khoa học Xã hội Việt Nam.
- [8] 1900.com.vn. (2024). *Nhân viên kho có khoảng lương bao nhiêu? Lương nhân viên kho 2025*.
<https://1900.com.vn/luong-nhan-vien-kho>.
- [9] Kerzner, H., (2017). *Project management: a systems approach to planning, scheduling, and controlling*.

Ngày nhận bài:	06/04/2025
Ngày nhận bản sửa:	14/04/2025
Ngày duyệt đăng:	14/04/2025