

NGHIÊN CỨU THỰC NGHIỆM XÁC ĐỊNH CHIỀU SÂU XUYỀN CỦA ĐẠN VÀO BÊ TÔNG

Ngô Ngọc Thủy^{1*}, Vũ Đình Lợi¹, Trịnh Minh Hoàng²

¹Học viện Kỹ thuật quân sự

²Đại học Công nghệ GTVT

Nhận ngày 03/03/2021, thẩm định ngày 11/3/2021, chỉnh sửa ngày 08/04/2021, chấp nhận đăng 20/06/2021

Tóm tắt

Việc nghiên cứu, so sánh bài toán xuyên dưới các góc nhìn và phương pháp khác nhau giúp giải quyết bài toán một cách toàn diện và tổng quan hơn, đồng thời tìm ra những hướng đi mới trong việc nghiên cứu và làm rõ các vấn đề còn tồn tại của từng phương pháp hay công thức. Trên cơ sở đó, bài báo trình bày kết quả thử nghiệm bắn đạn 7,62 mm K56 trên súng Tiểu liên AK vào các tấm Bê tông M300 có kích thước 600 x 600 x 100 mm, so sánh kết quả xác định chiều sâu xuyên bằng thực nghiệm với một số công thức thực nghiệm hiện hành và rút ra một số nhận xét cho việc sử dụng một số công thức thực nghiệm xác định chiều sâu xuyên hiện hành.

Từ khóa: *Va chạm; Chiều sâu xuyên; Chấn sục; Xuyên thủng.*

Abstract

Researching and comparing problems through different angles and methods helps to solve problems in a more comprehensive and general way, and at the same time find new directions in researching and clarifying the problem existence of each method or formula. On that basis, the article presents the test results of projectile shooting 7.62mm K56 ammunition of AK submachine gun into 600 x 600 x 100 mm M300 concrete slab, comparing the results of determination of penetration depth with some practical formulas and then making remarks on the work of utilizing those formulas for figuring out the penetration depth.

Keywords: *impact; penetration depth; Scabbing; Perforation.*

1. Đặt vấn đề

Trong các bài toán xuyên và kháng xuyên công trình chống lại tác dụng của đầu đạn, bom các loại là một nhóm bài toán phức tạp. Để giải quyết bài toán trên, trên thế giới hiện đã có nhiều tài liệu được công bố trong các nghiên cứu chống khủng bố và đảm bảo an ninh. Ở nước ta, các bài toán áp dụng chủ yếu được giới hạn trong công thức thực nghiệm của Berezan [1],[2]. Việc nghiên cứu, so sánh và xem xét bài toán xuyên và kháng xuyên dưới các góc nhìn và phương pháp khác nhau giúp giải quyết bài toán một cách toàn diện và tổng quan hơn, đồng thời tìm ra những hướng đi mới trong việc nghiên cứu và làm rõ các vấn đề còn tồn tại của từng phương pháp hay công thức.

Tính toán bài toán xuyên của bom đạn được áp dụng rộng rãi tại nước ta hiện nay được trích dẫn từ nghiên cứu các công thức Berezan [1],[2]. Tuy nhiên, ngay cả các công thức Berezan được giáo trình công sự thiết lập thì việc áp dụng các hệ số trong công thức còn một số hạn chế, cụ thể chưa làm rõ được phạm vi ứng dụng cũng như sai số của các hệ số tính toán. Việc so sánh giữa các công thức thực nghiệm khác nhau đang được sử dụng hiện hành để tìm ra được công thức thực nghiệm phù hợp với kết quả thực nghiệm đo được là một nhiệm vụ cần được quan tâm nghiên cứu.

2. Ảnh hưởng cục bộ của mục tiêu bê tông dưới tác dụng xuyên của đầu đạn

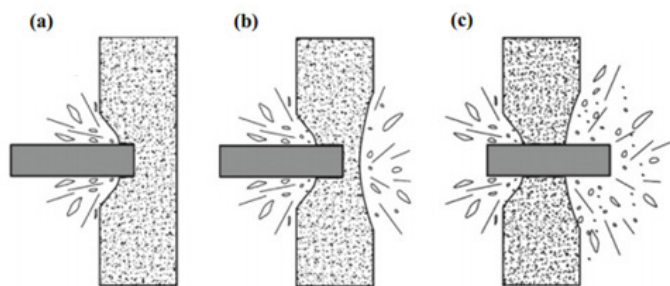
Dưới tác dụng của đầu đạn không biến dạng (đạn xuyên), tùy theo vận tốc va chạm V_0 , mục tiêu bê tông có thể chịu các tác dụng sau:

Xuyên một phần (Penetration) (Hình 1a). Đầu đạn chỉ xuyên vào bê tông ở một cự ly nhất định và phá hủy ở mục vùng lân cận do sự biến dạng và ép lại của đầu đạn, trong khi ở bề mặt đối diện với vùng va chạm của mục tiêu không bị phá vỡ.

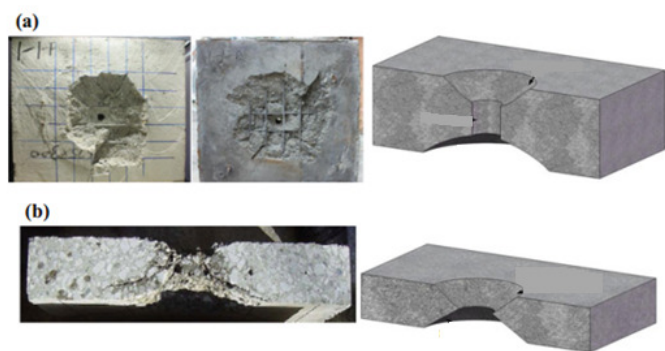
Chấn sục (Scabbing) (Hình 1b). Đầu đạn xuyên qua bê tông ở một cự ly nhất định và xuất hiện chấn sục hoặc nứt gãy phá hoại ở mặt đối diện công trình. Mặc dù đạn chưa xuyên qua nhưng những mảnh văng ở mặt trong vẫn có thể sát thương các mục tiêu trong công trình.

Xuyên thủng (Perforation). (Hình 1c). Đầu đạn xuyên thủng qua mục tiêu, đầu đạn cùng với các mảnh văng do lực cắt theo hướng của đầu đạn có thể sát thương mạnh các mục tiêu trong công trình.

Đối với các mục tiêu bê tông dày, toàn bộ quá trình xuyên của đạn được thực hiện theo ba giai đoạn: Va chạm, xuyên phá và tạo phểu chấn sục phía sau. Trong trường hợp bê tông mỏng, quá trình tạo phểu chấn sục phía sau xuất hiện trực tiếp sau va chạm.



Hình 1. Va chạm của đầu đạn với tấm bê tông. (a) xuyên; (b) chặn sụp; (c) xuyên thủng.



Hình 2. Mặt trước và mặt sau của tấm bê tông và hình vẽ không gian của: a) tấm dày; b) tấm mỏng.

Tham số quan trọng nhất cần quan tâm với bài toán kháng xuyên cho các công trình quân sự là chiều sâu xuyên h_{pen} (đặc trưng cho mức độ xuyên của đầu đạn vào mục tiêu), chiều dày giới hạn kháng chặn sụp h_{scab} , (chiều dày yêu cầu nhỏ nhất của mục tiêu cần có để chống lại hiện tượng hình thành phểu xuyên ở mặt sau công trình) và chiều dày kháng xuyên h_{per} (chiều dày tối thiểu của mục tiêu để chống được đạn xuyên hoàn toàn qua mục tiêu). Tuy nhiên, trong phạm vi bài báo sẽ chỉ tập trung nghiên cứu tác dụng xuyên của đạn.

Thông thường sẽ có ba phương pháp nghiên cứu đánh giá quá trình xuyên của đạn: Phương pháp thực nghiệm trực tiếp tại hiện trường, phương pháp bán thực nghiệm và phương pháp mô phỏng để đánh giá tác động của quá trình xuyên. Trong bài báo này, chúng ta dùng phương pháp thực nghiệm để xác định chiều sâu xuyên của đạn vào bê tông và so sánh với một số công thức thực nghiệm hiện hành.

3. Phương pháp thực nghiệm

Phương pháp thực nghiệm là phương pháp dựa trên các thí nghiệm với một nhóm các đối tượng thực nghiệm trong phạm vi cụ thể để đưa ra các quy luật, phương trình chung nhất mô tả đối tượng nghiên cứu. Phương pháp có ưu điểm là chính xác khi áp dụng trong phạm vi giới hạn công thức và sẽ không đảm bảo độ tin cậy khi ngoài phạm vi áp dụng.

Các kết quả thực nghiệm nhận được bằng cách xử lý thống kê thông qua thực nghiệm bắn. Do đó, ứng dụng các kết quả thực nghiệm phụ thuộc vào các tham số cụ thể và tính chất mục tiêu trong các thí nghiệm.

3.1. Công thức thực nghiệm, bán thực nghiệm tính xuyên

3.1.1. Công thức của Ammann và Whitney[3]

$$\frac{h_{pen}}{d} = \frac{6 \cdot 10^{-4}}{\sqrt{f_c}} N^* \left(\frac{M}{d^3}\right) d^{0,2} V_0^{1,8} \quad (1)$$

trong đó:

V_0 : Vận tốc của đầu đạn khi bắt đầu gặp mục tiêu (m/s);

d : Đường kính viên đạn (m);

M : Trọng lượng của đầu đạn (kG);

N^* : Hệ số đầu đạn, được tính bằng 0,72; 0,84; 1,0 và 1,14 ứng lần lượt với các trường hợp đầu đạn phẳng, bán cầu, tù và rất nhọn;

f_c : Cường độ chịu nén bê tông (Pa).

3.1.2. Công thức của Berezan (Sagomonyan 1974)[3]

$$\frac{h_{pen}}{d} = \frac{\lambda \cdot M}{10^5 d^3} V_0 \cos \alpha \quad (2)$$

trong đó:

λ : Hệ số kháng xuyên

$$\lambda = \left(1 + 0,3 \left(\frac{l_i}{d} - 0,5\right)\right) k_c \quad (2^*)$$

k_c : Hệ số đặc trưng cho môi trường vật chắn và tính tới lượng hiệu chỉnh của công thức (Hệ số kháng xuyên của vật liệu). Đối với bê tông thường $k_c = 0,01 \div 0,012$;

l_i : Chiều dài phần thon đầu đạn (m);

α : Góc chạm của đầu đạn vào bê tông (độ).

3.1.3. Công thức Berezan theo giáo trình công sự [1],[2]

Đối với kết cấu là bê tông, bê tông cốt thép tính trực tiếp bằng công thức sau:

$$h_{pen} = 0,036 \cdot \frac{V_0}{d} \sqrt{\frac{l_i \cdot M}{R_c}} \cdot \cos\left(\frac{1+n}{2}\right) \alpha \quad (3)$$

trong đó:

R_c : Cường độ giới hạn nén một trục không nở hông, (kG/cm²), được biểu thị qua số liệu cường độ chịu nén của bê tông R_b (f) và lấy như sau:

Bê tông cốt thép đá dăm granite $R_c = 3,5 R_b$;

Bê tông cốt thép đá dăm đá vôi $R_c = 3 R_b$;

Bê tông đá dăm granite $R_c = 2,8 R_b$;

Bê tông đá dăm đá vôi $R_c = 2,5 R_b$.

3.1.4. Công thức hiệu chỉnh NDRC [3]

$$\begin{cases} \frac{h_{pen}}{d} = 2G^{0,5} & \text{với } G \leq 2 \\ \frac{h_{pen}}{d} = G + 1 & \text{với } G > 2 \end{cases} \quad (4)$$

trong đó: $G = \frac{3,8 \cdot 10^{-5} N^* M}{d \sqrt{f_c}} \left(\frac{V_0}{d}\right)^{1,8}$

3.1.5. Công thức Petry hiệu chỉnh [3]

$$\frac{h_{pen}}{d} = k \cdot \frac{M}{d^3} \cdot \log_{10} \left(1 + \frac{V_0^2}{19974}\right) \quad (5)$$

trong đó:

Hệ số k nhận giá trị $6,36 \cdot 10^{-4}$ trong trường hợp bê tông nặng không cốt thép đổ liền khối, $3,39 \cdot 10^{-4}$ cho trường hợp bê tông cốt thép thường, và có giá trị $2,26 \cdot 10^{-4}$ trong trường hợp bê tông cốt thép đặc biệt.

Trong công thức hiệu chỉnh Petry II[3], hệ số k được xác định $k = 0,0795.k_p$ và được Walter và Wolde-Tinsae (1984) đề xuất:

$$k_p = 6,34.10^{-3} \exp(-0,2973.10^{-7}.f_c) \quad (5^*)$$

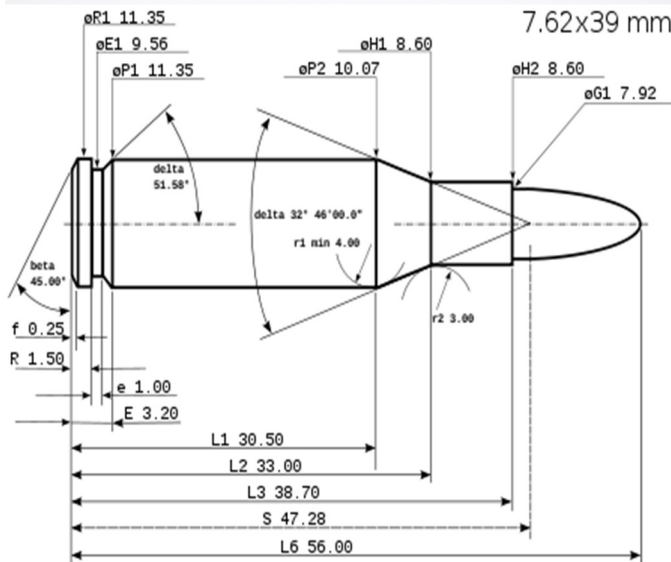
3.2. Mô hình thí nghiệm

- Nghiên cứu bài toán xuyên phá của đạn AK 7,62 mm, đầu đạn thường có chiều dài $l_1=0,0173$ m; đường kính $d= 0,00762$ m; hệ số đầu đạn tù $N^*=1$; tốc độ đầu đạn V_o (m/s); trọng lượng đạn $M=7,97$ g (0,00797 kg). Góc va chạm $\alpha=0$ vuông góc với tấm chắn đạn bằng bê tông kích thước 600 x 600 x 100 mm độ dày đủ lớn để đạn không xuyên thủng; bê tông có $k_c=0,01$; cấp độ bền B22,5 (bê tông M300), cường độ chịu nén $f_c=28,9$ MPa ($28,9.10^6$ Pa); Hệ số $k = 0,0795.k_p = 2,13.10^{-4}$.

- Cụ lý bắn 10,15 m. Các tấm bê tông có gắn các cảm biến đo biến dạng và ứng suất;

- Sơ tốc đầu đạn và hình ảnh va chạm được đo bằng camera tốc độ cao SA 1.1;

- Hình ảnh và đo chiều sâu vết lõm, kích thước phễu vỡ được tiến hành đo bằng thiết bị và các trang thiết bị đo đạc kèm theo.



Hình 3. Cấu tạo đạn K56 loại 7,62 mm.

3.2.1. Tiến hành thí nghiệm



Hình 4. Tiến hành đo kết quả trên tấm chắn bê tông chịu tác dụng của đạn AK 7,62 mm.

Tấm bê tông kích thước 600 x 600 x 100 mm, được tiến hành chế tạo, bảo dưỡng theo đúng TCVN với cấp độ bền B22.5 (M300) có cường độ nén 30 MPa. Trên bề mặt tấm bê tông có kẻ lưới bàn cờ phục vụ cho tiến hành đo đạc kiểm tra kết quả sau bắn (Hình 4). Tấm được lắp dựng, kê chắc chắn với khung giá. Súng Tiểu liên AK và đạn 7,62 mm K56 được tiến hành hiệu chỉnh trước khi bắn, gá lắp với thiết bị đo và tiến hành bắn thử nghiệm.

Thử nghiệm tiến hành bắn phát 1, sau mỗi phát bắn có dịch chuyển điểm ngắm.

Quá trình thí nghiệm, sơ tốc đầu đạn và đường đạn được ghi lại bằng phần mềm bởi camera tốc độ cao SA1.1.

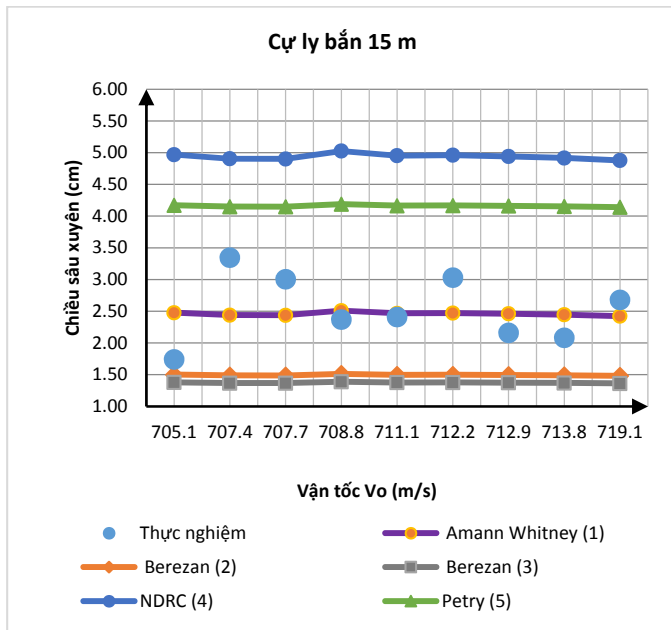
Sau khi thí nghiệm, chiều sâu xuyên, kích thước vết phá hoại được đo đạc (Hình 4). Kết quả của thực nghiệm như sau:

3.2.2. Kết quả thử nghiệm

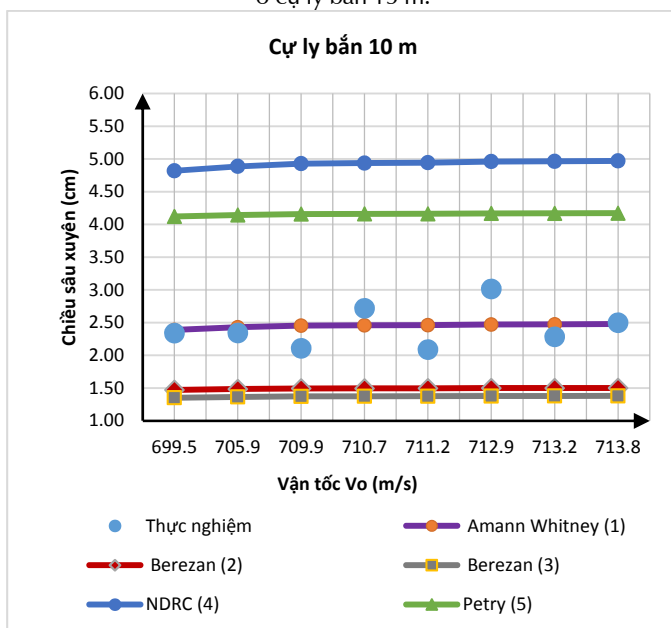
Kết quả được thể hiện trong bảng 1. Để có cái nhìn so sánh tổng quát hơn, tác giả so sánh kết quả thí nghiệm với các kết quả tính của các công thức tính thực nghiệm.

Bảng 1. Kết quả bắn đạn AK 7,62 mm và tính theo các công thức thực nghiệm.

TT	Thực nghiệm		hpen (cm) theo tính toán các công thức thực nghiệm				
	V_0 (m/s)	hpen (cm)	CT Amann Whitney (1)	CT Berezan (2)	CT Berezan (3)	CT NDRC (4)	CT Petry (5)
I. Cự ly bắn 15 m							
1	713,8	1,743	2,477	1,500	1,379	4,969	4,170
2	707,7	3,347	2,439	1,487	1,367	4,905	4,149
3	707,4	3,007	2,437	1,487	1,366	4,902	4,148
4	719,1	2,369	2,510	1,511	1,389	5,026	4,189
5	712,2	2,411	2,467	1,497	1,375	4,952	4,165
6	712,9	3,031	2,471	1,498	1,377	4,960	4,167
7	711,1	2,161	2,460	1,494	1,373	4,941	4,161
8	708,8	2,082	2,445	1,490	1,369	4,916	4,153
9	705,1	2,680	2,422	1,482	1,362	4,877	4,140
TB	710,9	2,537	2,458	1,494	1,373	4,939	4,160
II. Cự ly bắn 10 m							
1	711,2	2,087	2,460	1,495	1,373	4,942	4,162
2	709,9	2,108	2,452	1,492	1,371	4,928	4,157
3	710,7	2,717	2,457	1,494	1,373	4,936	4,160
4	713,2	2,283	2,473	1,499	1,377	4,963	4,168
5	712,9	3,015	2,471	1,498	1,377	4,960	4,167
6	713,8	2,498	2,477	1,500	1,379	4,969	4,170
7	699,5	2,340	2,388	1,470	1,351	4,819	4,121
8	705,9	2,342	2,427	1,484	1,363	4,886	4,143
TB	709,6	2,424	2,451	1,491	1,370	4,925	4,156



Hình 5. Biểu đồ so sánh kết quả thực nghiệm và công thức tính toán ở cự ly bắn 15 m.



Hình 6. Biểu đồ so sánh kết quả thực nghiệm và công thức tính toán ở cự ly bắn 10 m.

Nhận xét

Qua kết quả thực nghiệm thu được, so sánh với các kết quả tính toán bằng các công thức Amann Whitney (1); công thức Berezan (2), (3); công thức hiệu chỉnh NDRC (4) và công thức Petry hiệu chỉnh (5) trên Bảng 1 và đồ thị Hình 5, Hình 6, cho thấy các kết quả thực nghiệm đo được đều nằm trong dải tính toán của các công thức thực nghiệm hiện hành. Tuy nhiên, cần lưu ý các điều kiện thực nghiệm và các loại bê tông khác nhau có thể dẫn đến các kết quả khác nhau. Vận dụng đối với các cỡ đạn nhỏ ta có thể sử dụng các công thức Amann Whitney cho kết quả tương đối sát với kết quả thí nghiệm. Mặt khác, cần lưu ý so sánh các công thức để có

thể tính toán vận dụng tính ước lượng chiều sâu xuyên với các bài toán xuyên khác nhau. Các công thức hiệu chỉnh NDRC (4) và công thức Petry hiệu chỉnh (5) cho kết quả thiên về an toàn cho kết cấu.

4. Kết luận

Các công thức thực nghiệm và bán thực nghiệm hiện đã và đang được áp dụng trong tính toán bài toán xuyên và kháng xuyên trên thế giới. Mỗi công thức có giới hạn các phạm vi sử dụng trong các điều kiện khác nhau, từ các quy định về thành phần cỡ hạt cốt liệu đến các kích cỡ đạn, vận tốc ban đầu của đầu đạn, độ cứng của vật liệu cũng như các điều kiện hình dáng đầu đạn. Do đó, việc áp dụng cần tuân thủ theo các yêu cầu và phạm vi áp dụng của từng công thức. Với các thông số bài toán cho trước thì việc áp dụng các công thức trên là tương đối dễ dàng. Tuy nhiên cũng chỉ sử dụng được một số công thức tính xuyên phù hợp với từng điều kiện cụ thể.

Các kết quả chiều sâu xuyên đo được trong thí nghiệm cho thấy các giá trị tương đối phù hợp với một số công thức thực nghiệm đã đưa ra. Để đảm bảo độ an toàn hợp lý về mặt kỹ thuật và kinh tế chúng ta có thể xem xét đến việc áp dụng công thức Amann Whitney.

Hầu hết các công thức thực nghiệm nêu trên, việc đề cập đến sự ảnh hưởng của góc va chạm của đầu đạn với mục tiêu còn ít. Các công thức này chủ yếu tập trung vào tính toán chiều sâu xuyên lớn nhất (góc va chạm nhỏ nhất). Một ưu thế lớn khi chúng ta tính toán bằng các công thức Berezan là việc có thể tính toán cho các trường hợp góc va chạm khác nhau. Đây là cơ sở phù hợp với các hoạt động nghiên cứu, so sánh và đi sâu mô phỏng về các hiện tượng như đạn nhảy, đạn thia lia xảy ra trong bài toán va chạm.

Tài liệu tham khảo

- [1] Đặng Văn Đích, Vũ Đình Lợi (1995), *Giáo trình công sự tập 1*, Học viện KTQS, Hà Nội,
- [2] Nguyễn Trí Tả, Đặng Văn Đích, Vũ Đình Lợi (2008), *Giáo trình công sự tập 1*, Học viện KTQS, Hà Nội,
- [3] Qin Fang, Hao Wu (2017), *Concrete Structures Under Projectile Impact*, Science Press, Beijing and Springer Nature Singapore Pte Ltd. 2017, DOI 10.1007/978-981-10-3620-0.