به نام خدا

موضوع سمینار:اثرات لایه مرزی و ویسکوزیته مایعات بر مشخصات نوسانات فشار

محسن رستمی

۹۵۷۴۲۹۲۴

پاییز ۹۵

چکیده:

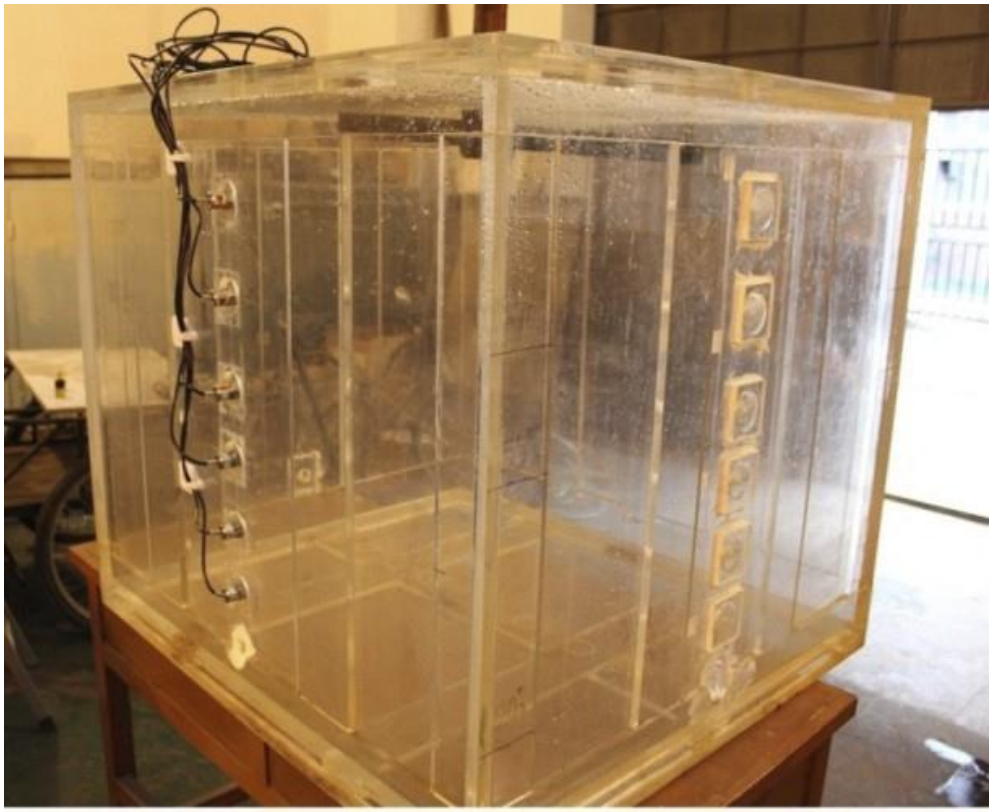
در اینجا تحقیقات عددی برای نوسانات مخزن بر اساس دینامیک سیالات محاسباتی برای مطالعه اثرات لایه مرزی و ویسکوزیته مایعات بر نوسانات فشار و ارتفاع موج و افزایش زمان تاثیر فشار انجام میشود.از طریق مقایسه نتایج عددی و تجربی یک مدل محاسباتی شامل یک لایه مرزی که میتواند نوسانات فشار را دقیقتر پیش بینی کند.با توجه به غلظت بالا اثر میرایی و اثر تراکم هوا زمان افزایش فشار طولانی تر میشود.ویسکوزیته مایعات و اثر تراکم هوا در توزیع فشار دینامیکی در امتداد دیواره مخزن یافت شده است.

معرفی:

پدیده نوسانات معمولا در مخازن نیمه پر در حال حرکت مواجه میشوند.مخازن ذخیره سازی مایعات مثلا اتومبیل حمل نفت درحال حرکت. این پدیده بسیار غیر خطی بوده و ممکن است به فشار برخورد بسیار سهمگین منجر شود.از این رو نوسانات فشار و افزایش زمان تاثیر فشار نه تنها یک نکته کلیدی از تحقیقات مخزن نوسانات است بلکه برای طراحی مقاومت نهایی حامل مایع نیز مفید است. تحقیقات شامل راه حل تحلیلی پاسخ نوسانات خطی و مدل های مکانیکی (مدل سازی جرم وفنر و مدل سازی اونگ مرکب) است.هنگامی که رزونانس برای نوسانات رخ میدهد سطح ازاد به شدت همراه با واژگونی تغییر شکل میدهد و شکستن و پاشش بسیار غیر خطی انتظار میرود.

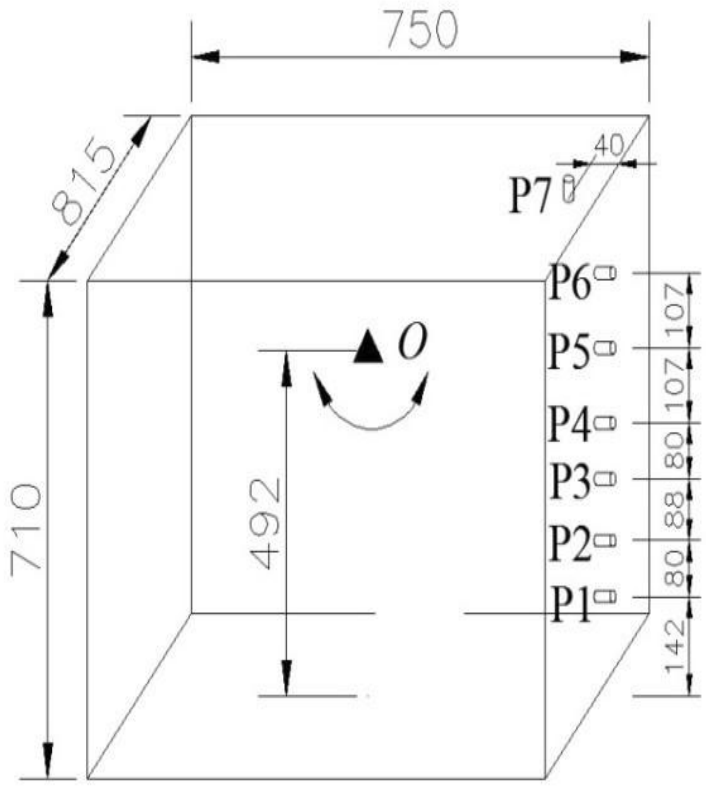
Experimental setup:

در این مقاله تحقیقات تجربی و عددی برای یک مخزن در سطح پر کردن ۲۰٪ انجام شده است همانطور ک در شکل نشان داده شده است.این یک مخزن مکعبی میباشد.



این مخزن از پلکسی گلس ساخته شده است.ضخامت دیوار ۲۰ میلی متر است و میتوان انرا به عنوان یک بدنه سفت در نظر گرفت.مقیاس مخزن و مکانن قرار گرفتن سنسور فشار در شکل زیر نشان داده میشود.

سنسور های ۱و۴و۵ در سطح ازاد قرار دارد که به ترتیب ۲۰٪و۵۵٪و۷۰٪ پر شدند.فشار استانه سنسور ها و فرکانس نمونه برداری ۵۰کیلو پاسکال و ۲کیلوهرتز میباشد.این ازمون در ۳درجه ازادی انجام شده است و نوسان دامنه و فرکانس ها توسط کامپیوتر کنترل حرکت کنترل میشود.



:Test cases

در طول ازمایش مایع ویسکوز در مرحله اول باید نیم ساعت مایع هم زده شود و بعد ۱روز منتظر ماند در نتیجه ی ان میتوان نوعی از مایع ویسکوز همگن ساخت.

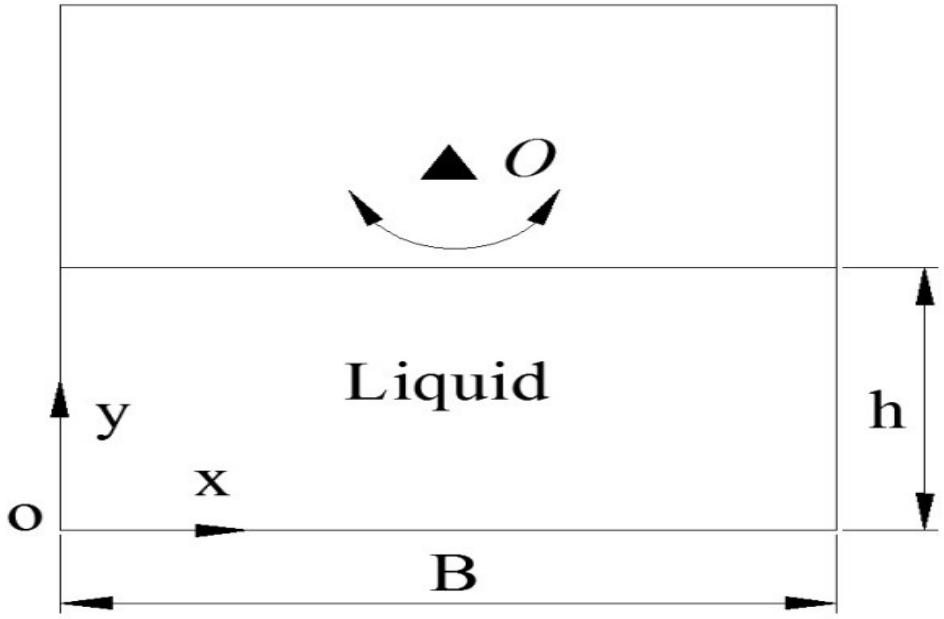
غلظت سنج و ویسکوزمتر برای اندازه گیری چگالی و گرانروی مایع استفاده میشود.برای یک مخزن مستطیلی فرکانس طبیعی سیال محاسبه شده است بر اساس تؤری جریان پتانسیل خطی فرمول زیر در نظر گرفته میشود:

$$w = \sqrt{g\frac{\pi}{L}\tanh\left(\frac{\pi}{L}h\right)}$$

در ازمایش،مایع اول اب است،مایع دوم نفت است،مایع سوم مربوط به ویسکوزیته مایع ناشی از گاز ال پی جی در دمای ۲۵ درجه و مایع چهارم ال پی جی در دمای ۱۰- درجه است. حجم کل مخزن ۴۳۴ لیتر است.همه مشخصات در جدول زیر امده است:

Name	Density (kg/m^3)	Viscosity ($N{\cdot}s{\cdot}m^{-2}$)	Filling levels	Excitation frequency (Hz)	R
Liquid_1 (water)	998	0.00152	20%	0.69-0.89 (with interval of 0.05 Hz)	
Liquid_2	998	0.095			
Liquid_3	998	0.176			
Liquid_4	998	0.25			

مایع ویسکوز در نوسانات مخزن موضوع معادله پیوستگی و نویر-استوکس است.بطور کلی جریان در مخزن جریان اشفته است که مدل دوبعدی ان در شکل زیر نشان داده شده است:



:Vof model

سطح ازاد با سختی بسیار تغییر شکل میدهد. زمانی که فرکانس تحریک نزدیک به یکی از فرکانس های طبیعی شود با فرض اینکه در مخزن اب و هوا موجود باشد که مایع دو فاز تراکم ناپذیر است که فرمولهای ان بصورت زیر است:

$$\frac{\partial \alpha_\omega}{\partial t} + U.\nabla \alpha_\omega = 0$$

$$\alpha_0 + \alpha_\omega = 1$$

$$\rho = \alpha_\omega \rho_\omega + (1 - \alpha_\omega)\rho_0$$

$$\mu = \alpha_\omega \mu_\omega + (1 - \alpha_\omega)\mu_0$$

Discussion of viscous dissipation:

از انجا که هر مایع در داخل مخزن نوسان ویسکوز میباشد یک لایه مرزی نازک در نزدیکی دیوار موجود میباشد. نیروی ویسکوز در داخل لایه مرزی و نیروی اینرسی در خارج لایه مرزی میباشد که به صورت فرمولهای زیر است:

$$\xi = \frac{\sqrt{\pi \upsilon T}}{2\pi L}\left[\left(\frac{L}{B}\right)\left(1 + \frac{0.5\,kB - kh}{\sinh(kh)\cosh(kh)}\right) + 1\right]$$

$$\xi = \frac{T\upsilon k^2}{\pi}$$

T=دوره ی حرکت مخزن

Bو L=عرض و طول مخزن

H=میزان عمق پر شدن مخزن

بحث در مورد ضخامت لایه مرزی و مدل محاسباتی:

درداخل لایه مرزی سرعت در جهت ایکس خیلی کمتر از جهت وای است و تغییر سرعت در جهت ایکس بیشتر از وای است و مایع در داخل مخزن به عنوان سیال تراکم ناپذیر در نظر گرفته شده که بر اساس در نظر نگرفتن لایه مرزی و با استفاده

از نظریه جریان پتانسیل و سرعت مماسی از مایع برروی دیواره،معادلات زیر برقرار است:

$$\frac{\partial u}{\partial x}+\frac{\partial v}{\partial y}=0$$

$$-\frac{\partial p}{\partial x}=0$$

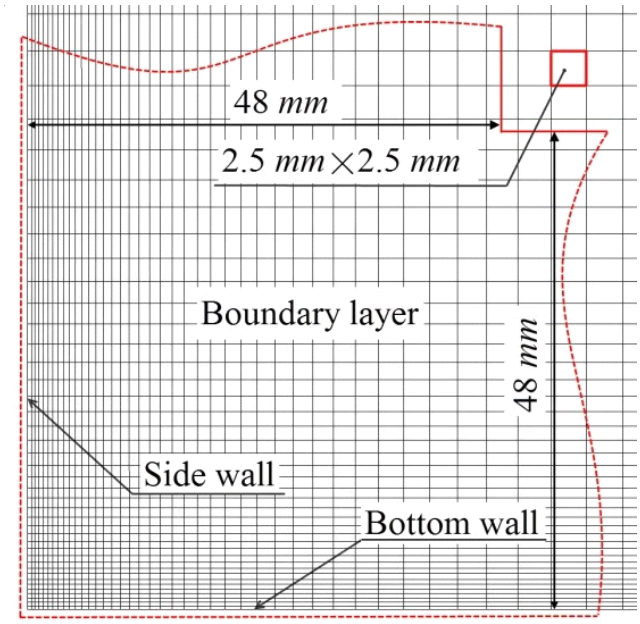
$$\frac{\partial v_t}{\partial t}+v_t\frac{\partial v_t}{\partial y}=-g-{}^{1}/_{\rho}$$

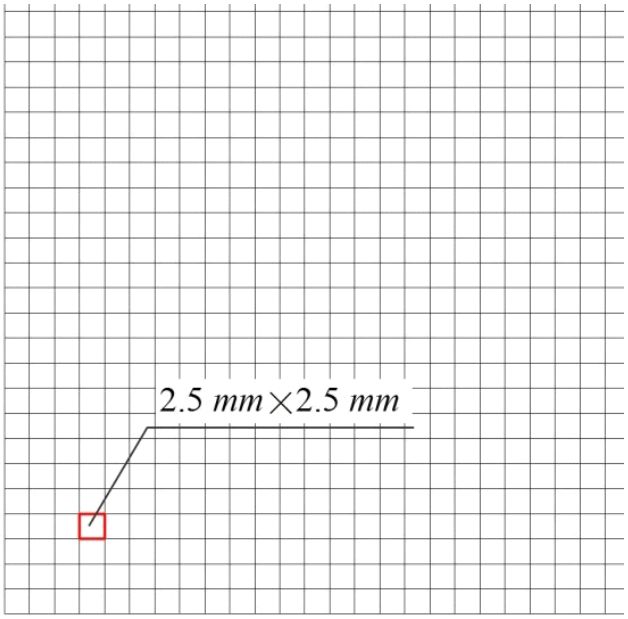
$$\frac{\partial v}{\partial t}+u\frac{\partial v}{\partial x}+v\frac{\partial v}{\partial y}=\frac{\partial v_t}{\partial t}+v_t\frac{\partial v_t}{\partial y}+v\frac{\partial^2 v}{\partial x^2}$$

$$v_0\exp(-y\sqrt{\frac{w}{2v}}=0.01v_0$$

$$y=\frac{4.6}{\sqrt{\frac{w}{2v}}}$$

به منظور بررسی اثر ویسکوزیته مایع در ویژگی های نوسان ۲مدل مش استفاده شده است یک مدل بدون شبکه لایه مرزی و مدل دیگر شامل یک مجموعه از شبکه لایه مرزی در دیواره های جانبی و دیوار پایین.در مدلی که شامل شبکه لایه مرزی است اولین سطح شبکه لایه مرزی دیوار است.چهل شبکه لایه مرزی توزیع شده و اندازه شبکه ۲,۵ میلی متر در خارج لایه مرزی است.





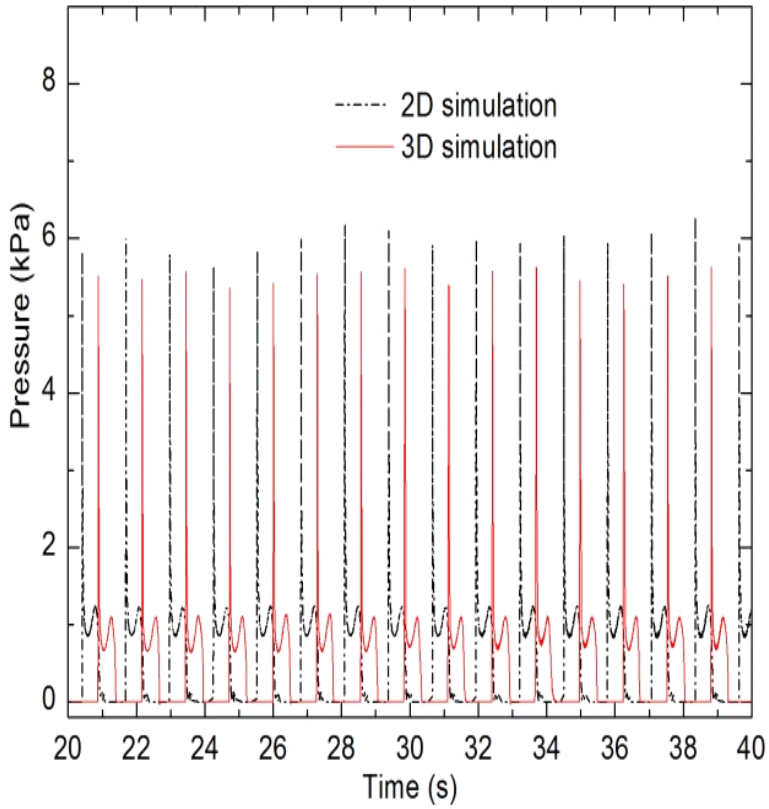
Discussion of the effect of three-dimensionality:

یک مقایسه میان بازه های زمانی فشار نشان داده شده است که مقادیر فشار و رفتار دوره ای با دو قله در طول زمان را نشان میدهد.با توجه به تاثیر مایع برروی

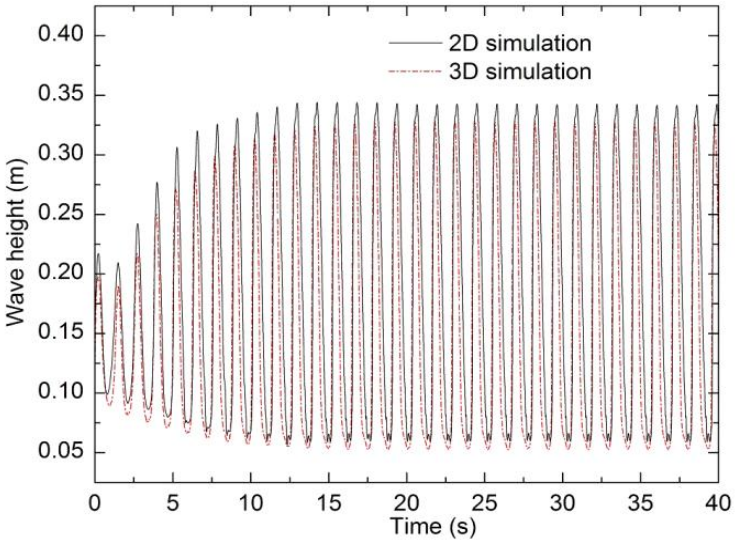
دیوار جانبی مخزن با بزرگترین شتاب است.بعد از پیک اول،مایع تا دیوار جانبی بالا می اید پس از ان با توجه به گرانش افت کند هنگامی که مایعی در حال افت استبا مایع زیرین برخورد میکند پیک دوم اتفاق می افتد.ننوسان فشار در نزدیکی سطح ازاد مورد بحث در اینجا به تعریف زیر است:

$$P_{avg} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} P^i$$

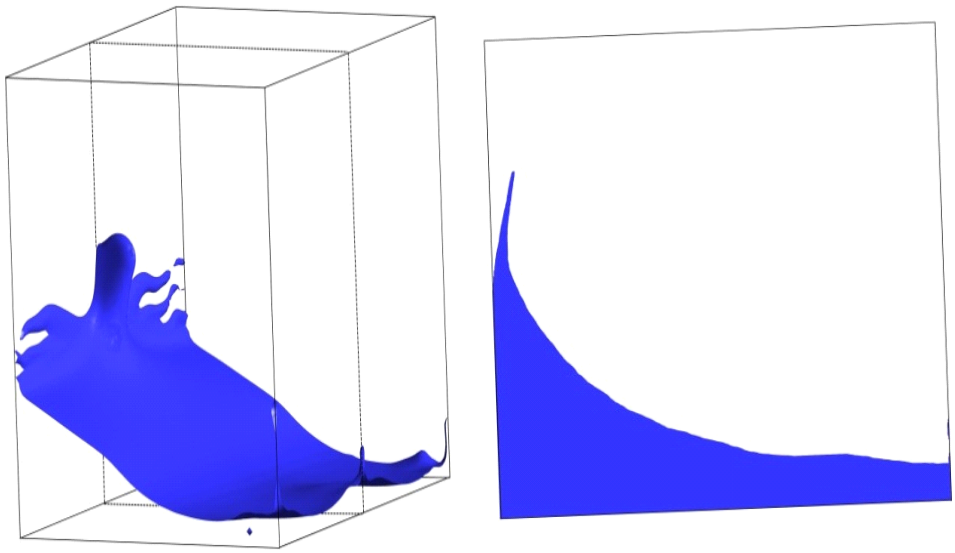
نوسان فشار از شبیه سازی دو و سه بعدی در فشار ۵,۴۸و۵,۹۷ کیلوپاسکال هستند.نیروی ویسکوز در دیواره های جانبی در امتداد طول و ارتفاع مخزن قرار دارد.نوسان فشار از شبیه سازی سه بعدی،۸,۲٪کمتر از شبیه سازی دوبعدی است.به دلیل برگشت ناپذیری ویسکوز در طول دیواره های جانبی می تواند در مدل دوبعدی در نظر گرفته شود. تفاوت نسبی نوسان فشارهای بین مدل دو و سه بعدی کوچک است پس مدل دوبعدی بیشتر برای پیش بینی نوسان فشار مورد استفاده قرار میگیرد.



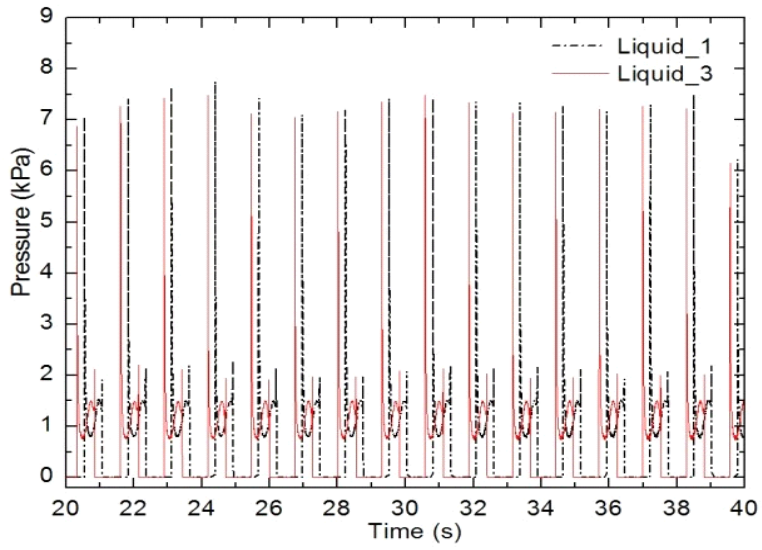
یک مقایسه بین زمان های ارتفاع موج در امتداد دیوار جانبی را نشان میدهد که ارتفاع موج شبیه سازی سه بعدی تنها ۴,۴٪ کمتر از دوبعدی است.

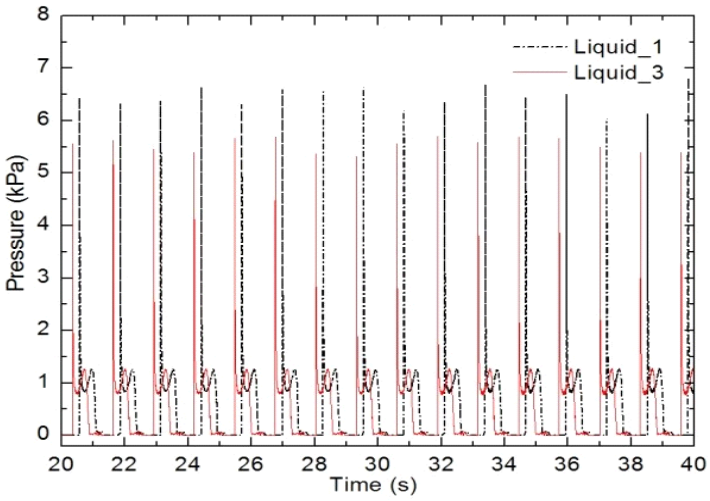


تکامل حجمی از هوا و اب برای مدل دو و سه بعدی را نشان میدهد.شکل زیر نشان میدهد که مشخصات سطح ازاد از شبیه سازی دوبعدی کمی متفاوت از یک شبیه سازی سه بعدی است و اثر سه بعدی نوسانات در نزدیکی گوشه ها دیده میشود.



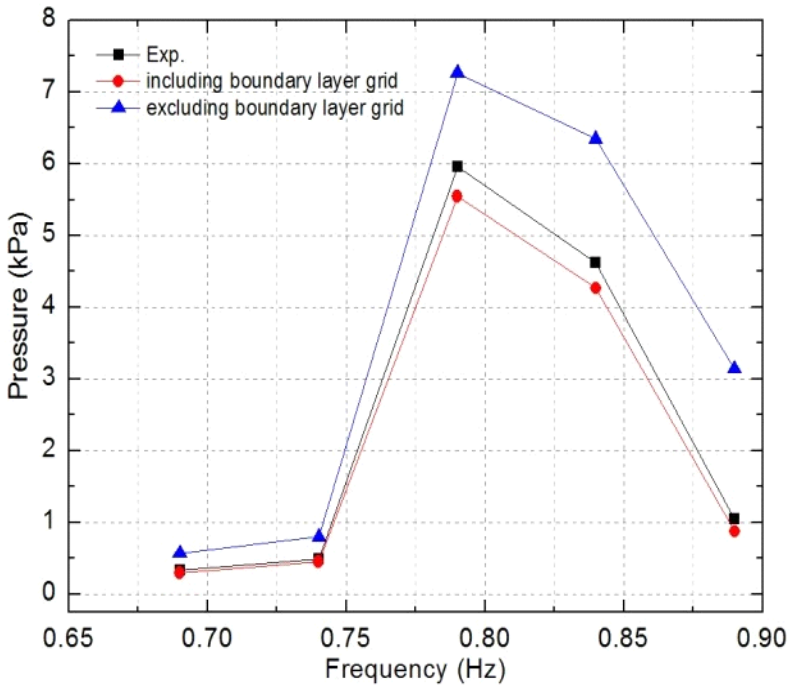
در وضعیت فرکانس تحریک کمتر از ۰,۷۹ هرتز بازه های زمانی نوسان فشار نشان داده شده است.در شکل زیر مشخص است که نوسان فشارها تقریبا یکسانند.اگرچه از دو نوع مایع ویسکوز استفاده شده است.مشاهده می کنیم که تغییر ویسکوزیته مایع به تغییر اشکار فشار می انجامد.



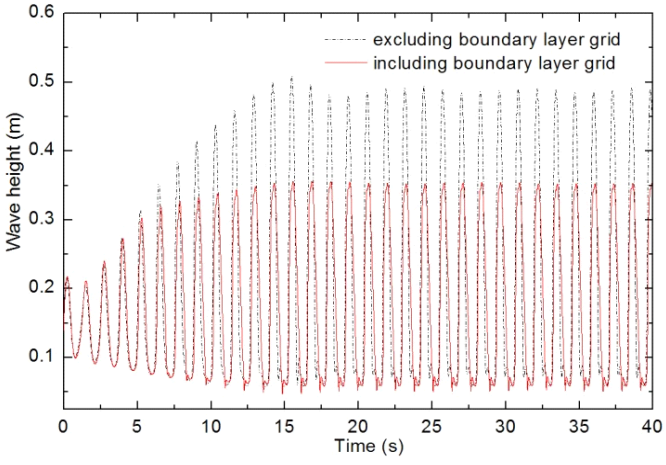


رابطه بین فرکانس تحریک و نوسان فشار در شکل زیر مشاهده میشود.از طریق مقایسه نتایج بدست امده از دو مدل محاسباتی با وجود و بدون شبکه لایه مرزی میتوان دید که نوسانات فشار در مدل با شبکه لایه مرزی کوچکتر است.اگر لایه مرزی در نظر گرفته نشود ،نیروی اینرسی به طور مستقیم در دیواره مخزن عمل

میکند.در شکل زیر مشخص است که نوسان فشار حداکثر در فرکانس تحریک ۰,۷۹ هرتز رخ میدهد.



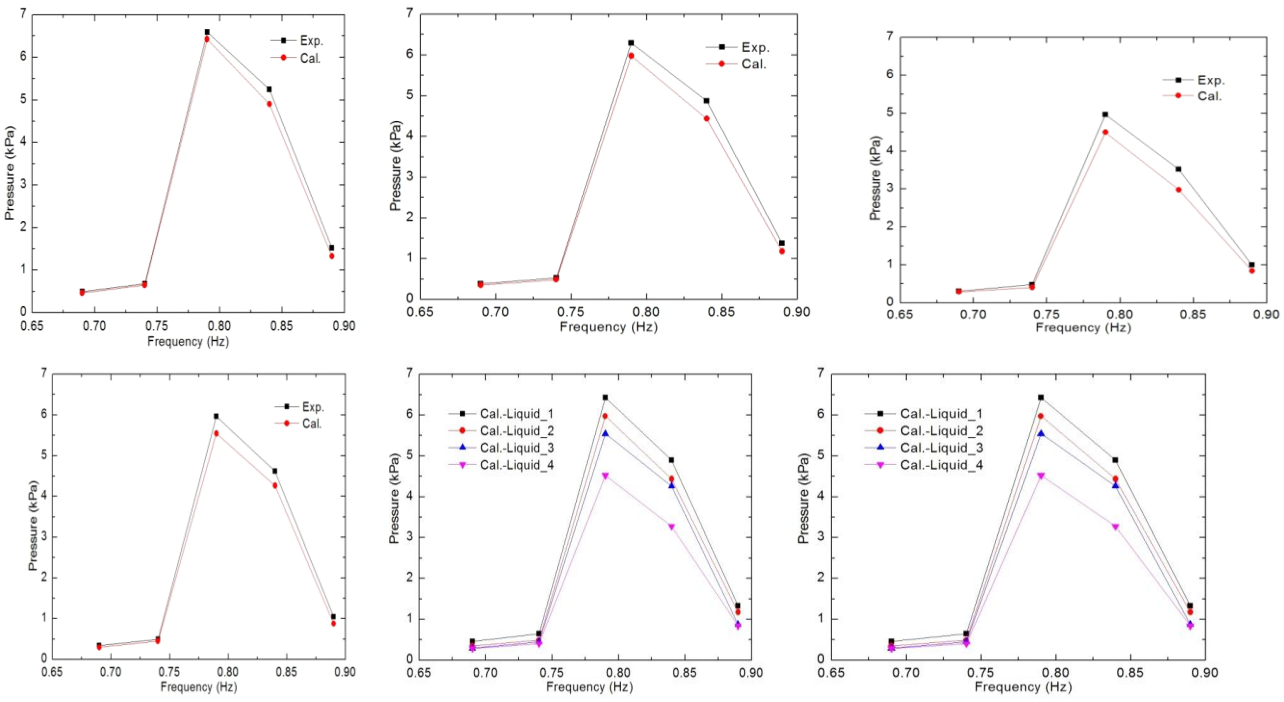
شکل زیر نشان دهنده ی بازه زمانی ارتفاع موج از سطح ازاد در امتداد دیوار مخزن عمودی است.میتوانیم ببینیم که اثر میرایی ویسکوز گرفته شده توسط شبکه لایه مرزی همچنین دارای تاثیر مهمی در ارتفاع موج دارد.هنگامی که پاسخ نوسان به حالت پایدار تبدیل می شود. سطح ازاد بالا رفته تا در طول دیوار مخزن عمودی و ارتفاع موجود بدست امده از مدل، از جمله در مجموعه با شبکه لایه مرزی کوچکتر از شبکه بدون لایه مرزی میباشد.



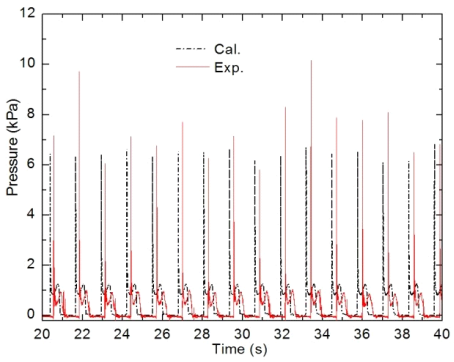
بحث در مورد اثر ویسکوزیته مایع در ویژگی های نوسان:

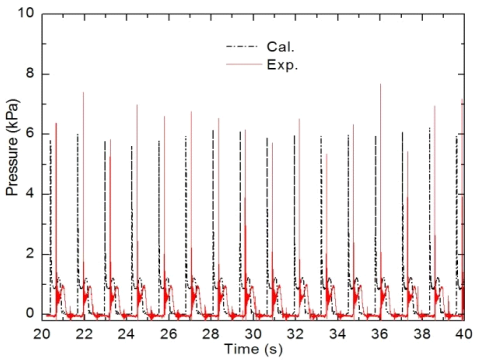
تحقیقات تجربی اثر غلظت در ویژگی های نوسان محدود است به همین منظور اثر ویسکوزیته در نوسانات یک سری تست های نوسان با توجه به مایع های ویسکوز مختلف انجام میشود.

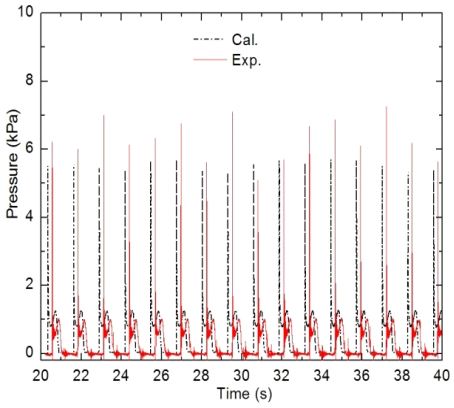
در شکل زیر رابطه بین فرکانس تحریک و نوسان فشار را نشان میدهد که برگشت ناپذیری انرژی ناشی از افزایش نیروی ویسکوز از یک سو و از سوی دیگر پدیده ی پاشش از سطح ازاد به تدریج از بین میرود و حرکت از سطح ازاد میتواند ویسکوزیته را افزایش دهد

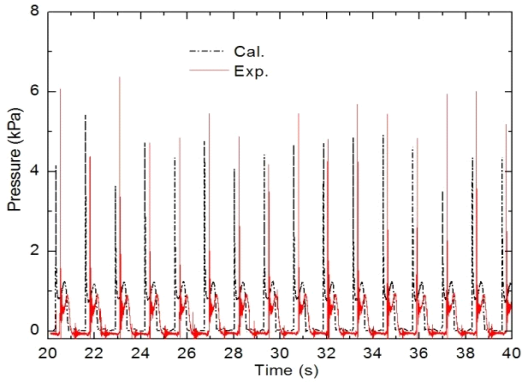


در شکل زیر بازه زمانی و زمان نوسان فشار را نشان میدهد که از مدل محاسباتی که شامل یک مجموعه از شبکه لایه مرزی و از اطلاعات تجربی برای مایعات مختلف به دست امده است

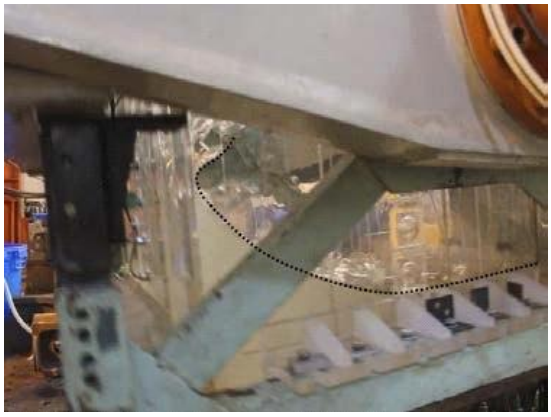


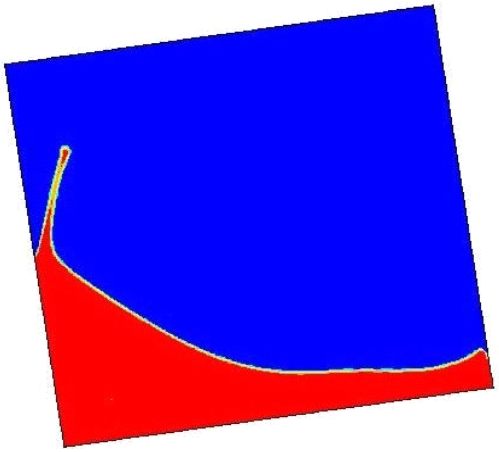


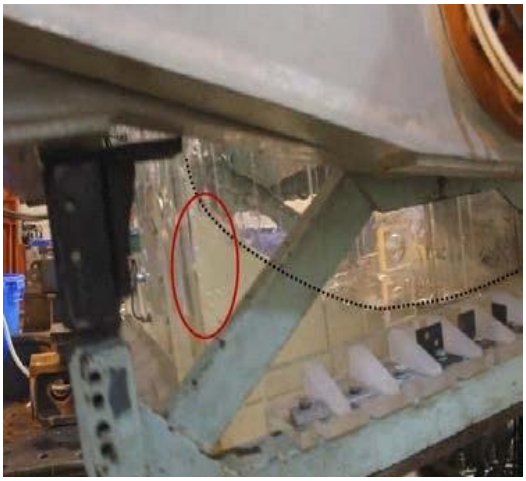


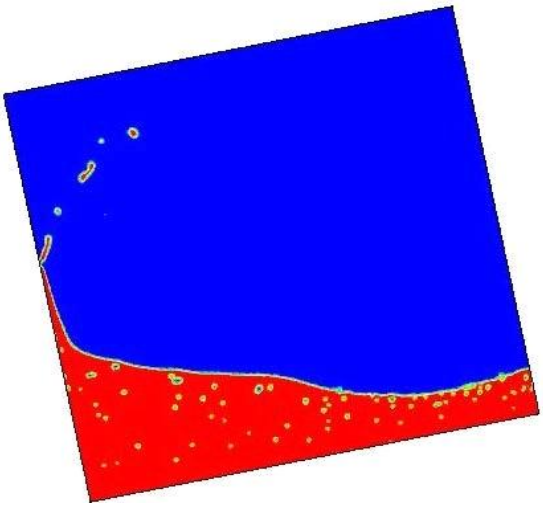


شکل زیر یک تصویری از پروفیل سرعت دو مایع مختلف در فرکانس تحریک ۰,۷۹ هرتز میباشد.









نتیجه گیری:

در این مقاله تحقیقات عددی و تجربی را برای نوسانات مخزن مستطیلی انجام داده شد.

۱.اتلاف انرژی ناشی از میرایی ویسکوز مایع در داخل لایه مرزی نمیتوان ان را نادیده گرفت به ویژه برای مایع ویسکوز بالاتر

۲.در مدل محاسباتی از جمله در دومین مجموعه از شبکه لایه مرزی،ویسکوزیته بالاتر منجر به کاهش نوسان فشار و ارتفاع موج میشود.

۳.در مقایسه با هوای تراکم ناپذیر،هوای تراکم پذیر باعث کاهش نوسانات فشار و ارتفاع موج میشود.

۴.اثرات لایه مرزی و ویسکوزیته مایعات و تراکم هوا اثر توزیع فشار دینامیکی در امتداد مخزن عمودی است.